

**PENGEMBANGAN MODUL DASAR-DASAR TEKNIK DIGITAL
PADA MATA PELAJARAN DASAR-DASAR TEKNIK DIGITAL
(DDTD) KELAS X TEKNIK AUDIO VIDEO
DI SMK NEGERI 3 YOGYAKARTA**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Pendidikan Teknik



Oleh:

MUHAMMAD FIRDA HUSAIN

09502241002

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2014

PENGEMBANGAN MODUL DASAR-DASAR TEKNIK DIGITAL PADA MATA PELAJARAN DASAR-DASAR TEKNIK DIGITAL (DDTD) KELAS X TEKNIK AUDIO VIDEO DI SMK NEGERI 3 YOGYAKARTA

Oleh
Muhammad Firda Husain
NIM. 09502241002

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul Dasar-Dasar Teknik Digital untuk Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta. Selanjutnya untuk mengetahui kelayakan modul Dasar-Dasar Teknik Digital sebagai media belajar.

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan menggunakan model Four-D dari Thiagarajan dan Semmel yang dimodifikasi. Tahapan pengembangan yang dilakukan oleh peneliti meliputi tiga tahapan awal dari empat tahapan Four-D, yaitu tahapan *define* (pendefinisian), *design* (perencanaan), dan *develop* (pengembangan). Sedangkan tahapan keempat *disseminate* (penyebarluasan) tidak dilakukan karena lingkup penelitian yang sempit yakni dalam satu sekolah. Pengumpulan data penilaian kelayakan modul menggunakan instrumen berupa angket. Penelitian ini melibatkan ahli materi dan ahli media serta guru mata pelajaran untuk menilai kelayakan modul. Peserta didik juga dilibatkan untuk mendapatkan respon kelayakan modul oleh peserta didik. Teknik analisis data yang digunakan adalah statistik deskriptif.

Hasil penelitian diketahui bahwa: proses pengembangan modul Dasar-Dasar Teknik Digital berdasarkan tahap *define* (pendefinisian), *design* (perencanaan), dan *develop* (pengembangan). Hasil penilaian tingkat kelayakan modul yang dilakukan oleh ahli materi memperoleh tingkat kelayakan 79,41% (sangat layak). Sedangkan oleh ahli media memperoleh tingkat kelayakan 80,83% (sangat layak). Penilaian tingkat kelayakan oleh dua guru mata pelajaran secara keseluruhan memperoleh 84,87%, (sangat layak). Respon peserta didik terhadap tampilan modul sebesar 83,63% (sangat layak). Berdasar data tersebut dapat disimpulkan modul Dasar-Dasar Teknik Digital layak dan sesuai untuk digunakan sebagai media pembelajaran peserta didik di SMK Negeri 3 Yogyakarta.

Kata kunci: modul pembelajaran, dasar-dasar teknik digital.

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

**PENGEMBANGAN MODUL DASAR-DASAR TEKNIK DIGITAL PADA
MATA PELAJARAN DASAR-DASAR TEKNIK DIGITAL (DDTD) KELAS X
TEKNIK AUDIO VIDEO DI SMK NEGERI 3 YOGYAKARTA**

Disusun Oleh:

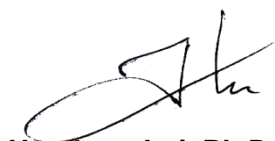
**Muhammad Firda Husain
NIM 09502241002**

telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk dilaksanakan
Ujian Tugas Akhir Skripsi bagi yang bersangkutan.

Yogyakarta, 2014

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Pendidikan Teknik Elektronika,



Handaru Jati, Ph.D.
NIP. 19740511 199903 1 002

Disetujui
Dosen Pembimbing,



Dessy Irmawati, M.T.
NIP. 19791214 201012 2 002

HALAMAN PENGESAHAN

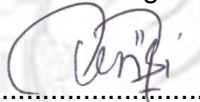


Tugas Akhir Skripsi

PENGEMBANGAN MODUL DASAR-DASAR TEKNIK DIGITAL PADA MATA PELAJARAN DASAR-DASAR TEKNIK DIGITAL (DDTD) KELAS X TEKNIK AUDIO VIDEO DI SMK NEGERI 3 YOGYAKARTA

Disusun oleh:
Muhammad Firda Husain
NIM 09502241002

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi
Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
pada tanggal

Susunan Panitia Penguji

| Nama | Tanda Tangan | Tanggal |
|--|--|------------|
| Dessy Irmawati, M.T. Ketua Penguji/Pembimbing |  | 31/12/2014 |
| Nuryake Fajaryati, M.Pd. Sekretaris |  | 31/12/2014 |
| Suparman, M.Pd. Penguji |  | 31/12/2014 |

Yogyakarta,
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan,




Dr. Moch. Bruri Triyono

NIP. 19560216 198603 1 003

SURAT PERNYATAAN

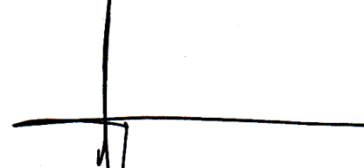
Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Muhammad Firda Husain
NIM : 09502241002
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektronika
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Pengembangan Modul Dasar-Dasar Teknik Digital pada
Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital (DDTD) Kelas
X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta

menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Yogyakarta, 5 Agustus 2014

Penulis



Muhammad Firda Husain
NIM. 09502241002

HALAMAN MOTTO

||ယုဇာဃှ် ပတိဃှ်
ကာလယုဇာဃှ် ကာဃှ် လာဃှ်
လိဃာဃှ် လာဃှ်
ဗိဃာဃှ် ကာဃှ်
မာဃှ် ဃှ် ပတိဃှ်
(KGPH Mangkunegara IV dalam Serat Wedhatama, (3:1))

||မိဃာဃှ် ဃှ်
(Sedulur Sikep)

||ဃာဃှ် ပတိဃှ်
(Anonim)

“Sebaik-baik manusia adalah yang bermanfaat bagi manusia lainnya.”
(Gusti Kanjeng Rasul Muhammad s.a.w.)

“Kebebasan adalah bagi mereka yang telah menemukan batas.”
(MF Husain)

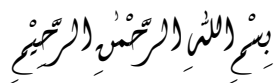
HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdu lillahi robbil 'alamin, puji syukur ke hadirat Allah SWT atas semua nikmat-Nya. Tulisan sederhana ini sudah berhasil saya selesaikan dan saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Ibu Sri Chasanah dan Bapak Rochmad Ridwan yang senantiasa mengiringi langkahku dengan segala daya dan doa. Tiada hentinya memberikan nasihat, bimbingan, serta curahan kasih sayang yang tak terukur nilainya.
2. Ketiga saudaraku tercinta Mbak Pipit, Mbak Eva, dan Kak Qiqi yang selalu memberikan dukungan dan perhatiannya, semoga kita dapat menjadi putra-putri yang membahagiakan kedua orang tua. Beserta ketiga keponakan tercinta, Tuta, Nawal, dan Beben, adapun kalau nambah, semoga semuanya jadi anak yang sholeh-sholehah.
3. Seseorang dalam pencarian.
4. Keluarga Elektronika A 2009 yang istimewa.
5. Saudara-saudara penghuni kos.
6. Saudara-saudara komunitas sambel terong jogja.
7. Keluarga besar dari Kiai Gandrung, Kanjeng Maklum, dan Jamaah Maiyah Nusantara.

Semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan, sehingga seorang “Muhammad Firda Husain”, mampu menyelesaikan laporan Tugas Akhir Skripsi ini.

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran Allah *Subhanahu wa Ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan berkah-Nya kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan proses penelitian skripsi dengan judul “Pengembangan Modul Dasar-Dasar Teknik Digital pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital (DDTD) Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta”. Kemudian kepada semua pihak yang telah membantu dan terlibat dalam penelitian skripsi ini, penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada yang terhormat:

1. Ibu Dessy Irmawati, M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Skripsi yang telah memberikan izin, masukan, bimbingan dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Slamet, M.Pd. dan Bapak Drs. Achmad Fatchi, M.Pd., selaku validator instrumen penelitian.
3. Bapak Drs. Achmad Fatchi, M.Pd. dan Bapak Drs. Suparman, M.Pd., selaku ahli materi dan ahli media untuk validasi modul.
4. Ibu Dessy Irmawati, M.T., Ibu Nuryake Fajaryati, M.Pd., dan Bapak Drs. Suparman, M.Pd., selaku Ketua Penguji, Sekretaris Penguji dan Penguji Utama, yang memberikan koreksi perbaikan secara komprehensif terhadap tugas akhir skripsi ini.
5. Bapak Muhammad Munir, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika.

6. Bapak, Ibu staf tata usaha (TU) serta karyawan Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik UNY.
7. Bapak Dr. Moch. Bruri Triyono, M. Pd. selaku Dekan FT, yang telah memberikan izin kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
8. Bapak Dr. Sunaryo Soenarto selaku Wakil Dekan I FT, yang telah memberikan izin penelitian kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
9. Prof. Dr. Rochmat Wahab, M.Pd, M.A, selaku Rektor Universitas Negeri Yogyakarta.
10. Bapak Drs. Aruji Siswanto, selaku Kepala Sekolah SMK Negeri 3 Yogyakarta yang telah memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian.
11. Bapak YB. Sutarman, S.Pd, dan Bapak Dodot Yuliantoro, S.Pd., M.T., selaku guru mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital dan validator modul.
12. Bapak, Ibu Guru serta staf karyawan SMK Negeri 3 Yogyakarta yang telah membantu penulis dalam mengurus ijin dan bantuan untuk melaksanakan penelitian.
13. Peserta didik kelas X Teknik Audio Video SMK Negeri 3 Yogyakarta yang telah membantu dalam pengisian instrumen penelitian.
14. Bapak, Ibu, Kakak, dan semua saudara tercinta yang selalu memberikan dukungan dan doa dalam penyusunan skripsi ini.
15. Teman – teman seperjuangan Pendidikan Teknik Elektronika Kelas A 2009.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Dengan tangan terbuka penulis senantiasa mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan sebagaimana mestinya. Terimakasih.

Yogyakarta, 5 Agustus 2014
Penulis,

Muhammad Firda Husain
NIM. 09502241002

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| HALAMAN SAMPUL..... | i |
| ABSTRAK..... | ii |
| LEMBAR PERSETUJUAN..... | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iv |
| SURAT PERNYATAAN | v |
| HALAMAN MOTTO | vi |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vii |
| KATA PENGANTAR..... | viii |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang..... | 1 |
| B. Identifikasi Masalah..... | 3 |
| C. Batasan Masalah..... | 4 |
| D. Rumusan Masalah | 4 |
| E. Tujuan Penelitian..... | 4 |
| F. Spesifikasi Produk..... | 5 |
| G. Manfaat Penelitian..... | 5 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA..... | 6 |
| A. Kajian Teori..... | 6 |
| 1. Pembelajaran | 6 |
| 2. Pengembangan..... | 6 |
| 3. Media Pembelajaran..... | 7 |
| 4. Modul | 11 |
| 5. Pengembangan Modul | 11 |

| | |
|---|-----------|
| 6. Tujuan Pengembangan Modul..... | 12 |
| 7. Langkah Penyusunan Modul | 13 |
| 8. Komponen Modul..... | 15 |
| 9. Kerangka Penulisan Modul | 20 |
| 10. Kelayakan Modul | 24 |
| 11. Kompetensi Menerapkan Dasar-Dasar Teknik Digital..... | 32 |
| B. Hasil Penelitian yang Relevan..... | 33 |
| C. Kerangka Pikir | 34 |
| D. Pertanyaan Penelitian..... | 36 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 37 |
| A. Model Pengembangan..... | 37 |
| B. Prosedur Pengembangan..... | 37 |
| 1. <i>Define</i> (Pendefinisian) | 38 |
| 2. <i>Design</i> (Perancangan)..... | 40 |
| 3. <i>Develop</i> (Pengembangan) | 41 |
| 4. <i>Disseminate</i> (Penyebaran)..... | 41 |
| C. Tempat dan Waktu Penelitian | 42 |
| 1. Tempat Penelitian | 42 |
| 2. Waktu Penelitian | 42 |
| D. Subjek dan Objek Penelitian | 42 |
| 1. Subjek Penelitian | 42 |
| 2. Objek Penelitian | 43 |
| E. Metode Pengumpulan Data..... | 43 |
| 1. Observasi..... | 43 |
| 2. Wawancara..... | 43 |
| 3. Kuesioner (Angket) | 44 |
| F. Instrumen Penelitian | 44 |
| 1. Instrumen Kelayakan Modul untuk Ahli Materi | 45 |
| 2. Instrumen Kelayakan Modul untuk Ahli Media | 45 |
| 3. Instrumen Kelayakan Modul untuk Guru Mata Pelajaran..... | 46 |

| | |
|---|-----------|
| 4. Instrumen Kelayakan Modul untuk Peserta Didik | 47 |
| G. Uji Instrumen..... | 48 |
| 1. Validitas Instrumen | 48 |
| 2. Reliabilitas Instrumen | 48 |
| H. Teknik Analisis Data..... | 49 |
| 1. Data Kualitatif | 49 |
| 2. Data Kuantitatif..... | 49 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 52 |
| A. Hasil Penelitian | 52 |
| 1. <i>Define</i> (Pendefinisian) | 52 |
| 2. <i>Design</i> (Perancangan)..... | 58 |
| 3. <i>Develop</i> (Pengembangan) | 60 |
| B. Pembahasan..... | 62 |
| 1. Penilaian Aspek Kualitas Materi | 63 |
| 2. Penilaian Aspek Tampilan Modul | 64 |
| 3. Penilaian Aspek Karakteristik Modul..... | 66 |
| 4. Penilaian Aspek Manfaat Modul | 67 |
| 5. Respon Peserta Didik..... | 69 |
| C. Persentase Kelayakan | 71 |
| 1. Persentase Kelayakan oleh Ahli Materi | 72 |
| 2. Persentase Kelayakan oleh Ahli Media | 72 |
| 3. Persentase Kelayakan oleh Guru Mata Pelajaran | 72 |
| 4. Persentase Respon Peserta Didik | 72 |
| BAB V SIMPULAN DAN SARAN..... | 74 |
| A. Kesimpulan | 74 |
| B. Keterbatasan Penelitian..... | 75 |
| C. Saran | 75 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 76 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1. Matriks Indikator Aspek Kualitas Materi | 26 |
| Tabel 2. Matriks Indikator Aspek Manfaat Modul | 31 |
| Tabel 3. Kisi-Kisi Instrumen untuk Ahli Materi..... | 45 |
| Tabel 4. Kisi-Kisi Instrumen untuk Ahli Media..... | 45 |
| Tabel 5. Kisi-Kisi Instrumen untuk Guru Mata Pelajaran..... | 46 |
| Tabel 6. Kisi-Kisi Instrumen untuk Peserta Didik..... | 47 |
| Tabel 7. Interpretasi Tingkat Keadaan Koefisien..... | 49 |
| Tabel 8. Kriteria Skor Penilaian..... | 49 |
| Tabel 9. Konversi Skor ke Kategori..... | 50 |
| Tabel 10. Konsep Modul Sesuai Silabus..... | 55 |
| Tabel 11. Revisi pertama dari Ahli Materi..... | 60 |
| Tabel 12. Penilaian Aspek Kualitas Materi oleh Ahli Materi dan Guru..... | 63 |
| Tabel 13. Konversi Skor ke Kategori Aspek Kualitas Materi..... | 64 |
| Tabel 14. Penilaian Aspek Tampilan Modul oleh Ahli Media dan Guru..... | 64 |
| Tabel 15. Konversi Skor ke Kategori Aspek Tampilan Modul..... | 66 |
| Tabel 16. Penilaian Aspek Karakteristik Modul oleh Ahli Media dan Guru..... | 66 |
| Tabel 17. Konversi Skor ke Kategori Aspek Karakteristik Modul..... | 67 |
| Tabel 18. Penilaian Aspek Manfaat Modul oleh Guru..... | 67 |
| Tabel 19. Konversi Skor ke Kategori Aspek Manfaat Modul..... | 68 |
| Tabel 20. Respon Peserta Didik..... | 69 |
| Tabel 21. Konversi Skor ke Kategori Aspek Karakteristik Modul..... | 71 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1. Kerangka Modul..... | 20 |
| Gambar 2. Bagan Kerangka Berfikir..... | 36 |
| Gambar 3. Bagan Penelitian Model Pengembangan Four-D..... | 37 |
| Gambar 4. Grafik Persentase Kelayakan Modul DDTD..... | 73 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|-----|
| Lampiran 1. Format Modul | 78 |
| Lampiran 2. Modul Dasar-Dasar Teknik Digital | 81 |
| Lampiran 3. Instrumen Penelitian | 173 |
| Lampiran 4. Reliabilitas Instrumen Respon Peserta Didik | 191 |
| Lampiran 5. Rekapitulasi Hasil Penilaian | 194 |
| Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian | 208 |
| Lampiran 7. Surat-surat Penelitian | 210 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidikan diselenggarakan untuk mengembangkan manusia agar menjadi manusia yang benar dan bermanfaat. Rangkaian proses belajar mengajar sangat penting dalam kegiatan pembelajaran. Tahapan-tahapan dalam rangkaian proses belajar mengajar tersebut harus dilaksanakan secara berkesinambungan. Salah satu tahapan penting yaitu tahap persiapan. Menurut Undang-Undang Sistem Pendidikan Nasional Nomor 20 Tahun 2003, “pembelajaran adalah proses interaksi peserta didik dan pendidik serta sumber belajar pada suatu lingkungan belajar”. Sumber belajar merupakan salah satu elemen penting yang perlu diperhatikan pada tahap persiapan dalam kegiatan pembelajaran.

Pada pendidikan sekolah kejuruan selain materi yang disampaikan harus fokus sesuai bidangnya, proses pendidikan yang diselenggarakan harus mampu membangun kemauan, dan mengembangkan potensi dan kreativitas peserta didik. Oleh karena itu proses interaksi peserta didik dengan guru dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar perlu direncanakan, dilaksanakan, dinilai, dan diawasi agar terlaksana secara efektif dan efisien. Untuk mendukung proses belajar, dibutuhkan media belajar sebagai sarana pendukung baik di luar maupun di dalam kelas. Bahan ajar yang fleksibel dan mudah digunakan dalam kegiatan pembelajaran adalah bahan ajar dalam bentuk cetak.

Salah satu bahan ajar dalam bentuk cetak yang dapat digunakan secara mandiri oleh siswa yaitu modul. Modul merupakan suatu paket belajar yang berkenaan dengan satu unit bahan pelajaran. Dengan modul siswa dapat mencapai dan menyelesaikan bahan belajarnya dengan belajar secara individual.

Dengan modul siswa dapat mengontrol kemampuan dan intensitas belajarnya. Modul dapat dipelajari di mana saja. Lama penggunaan sebuah modul tidak tertentu, meskipun di dalam kemasan modul juga disebutkan waktu yang dibutuhkan untuk mempelajari materi tertentu. Akan tetapi keleluasaan siswa mengelola waktu tersebut sangat fleksibel, dapat beberapa menit dan dapat pula beberapa jam, dan dapat dilakukan secara tersendiri atau diberi variasi dengan metode lain (Drs. Daryanto, 2013).

Menurut Russel dalam Made Wena (2009: 230), sistem pembelajaran modul akan menjadikan pembelajaran lebih efisien, efektif, dan relevan. Dibandingkan dengan pembelajaran konvensional yang cenderung bersifat klasikal dan dilaksanakan dengan tatap muka. Alasan tersebut membuat peneliti lebih tertarik untuk mengembangkan bahan ajar berbentuk modul.

Keunggulan modul ialah modul mempunyai instruksi mandiri (*self instruction*) yang memungkinkan peserta didik untuk belajar mandiri menggunakan modul dan guru tidak lagi menjadi satu-satunya sumber belajar. Peserta didik akan dimudahkan untuk memahami materi pembelajaran dengan menggunakan modul yang telah dikembangkan. Tidak hanya itu saja, pertimbangan lain adalah tidak semua bahan ajar yang dikembangkan oleh beberapa lembaga cocok untuk peserta didik. Setiap peserta didik memiliki perbedaan yang unik, mereka memiliki kekuatan, kelemahan, minat, dan perhatian yang berbeda-beda. Untuk itu, maka bahan ajar berbentuk modul yang dikembangkan sendiri disesuaikan dengan karakteristik peserta didik sebagai sasaran.

Berdasarkan sumber yang diperoleh dari guru mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital (DDTD), media yang digunakan dalam proses pembelajaran masih kurang. Peserta didik belum memiliki bahan belajar berbentuk buku referensi

seperti diktat atau pun modul, sehingga banyak yang mengalami kesulitan dalam memahami materi pelajaran. Mengingat materi DDTD bersifat pemahaman bukan hafalan, sehingga perlu buku referensi tambahan berupa modul, apalagi pelajaran DDTD ini bersifat dasar, peserta didik kelas X Teknik Audio Video dituntut untuk menguasainya. Selain itu, ada permintaan oleh guru pengampu mata pelajaran DDTD di SMK Negeri 3 Yogyakarta dalam hal ini adalah Bapak YB. Sutarman, S.Pd. untuk mengadakan suatu modul sebagai bahan belajar. Modul ini diharapkan mampu mempermudah peserta didik dalam memahami materi DDTD dan bisa belajar serta mengerjakan tugas secara mandiri. Adanya modul diharapkan dapat meningkatkan keaktifan, kemandirian serta respon peserta didik dalam proses pembelajaran yang berlangsung.

Berdasarkan latar belakang tersebut dirumuskan penelitian pengembangan media berbentuk modul mata pelajaran DDTD yang dapat membantu peserta didik dan guru dalam melaksanakan proses belajar mengajar kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, terdapat beberapa masalah yang dapat diidentifikasi, yaitu:

1. Potensi dari peserta didik akan sulit muncul dan berkembang karena kurang fasilitas dari guru.
2. Peserta didik tidak memiliki bahan ajar berbentuk buku referensi seperti diktat atau pun modul.
3. Banyak peserta didik yang mengalami kesulitan dalam memahami materi pelajaran.

4. Adanya permintaan pengadaan modul DDTD oleh guru pengampu mata pelajaran DDTD.

5. Belum adanya pengembangan modul DDTD untuk kelas X Teknik Audio Video SMK Negeri 3 Yogyakarta.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dan identifikasi masalah di atas, perlu adanya peningkatan kualitas belajar mengajar. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan media pembelajaran berupa modul Dasar-Dasar Teknik Digital. Subyek dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dan identifikasi masalah di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengembangan modul Dasar-Dasar Teknik Digital pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta?
2. Bagaimana kelayakan modul Dasar-Dasar Teknik Digital pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan modul Dasar-Dasar Teknik Digital pada Mata Pelajaran DDTD Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta.
2. Mengetahui kelayakan modul Dasar-Dasar Teknik Digital pada Mata Pelajaran DDTD Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta.

F. Spesifikasi Produk

Produk yang dikembangkan berupa modul belajar dengan standar kompetensi menerapkan dasar teknik digital untuk kelas X teknik audio video dalam bentuk media cetak. Modul ini memuat materi teoritis sebanyak enam bab, ilustrasi eksperimen, latihan soal, evaluasi dan kunci jawaban berserta pembahasan pada bagian akhir modul.

G. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Peserta Didik:

Mempermudah pemahaman materi, membantu belajar mandiri, meningkatkan kemampuan dan prestasi peserta didik dalam bidang akademik dan praktik.

2. Bagi Guru:

Meningkatkan variasi media pembelajaran, mempermudah guru dalam pengawasan proses belajar mengajar mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital.

3. Bagi Sekolah:

Sebagai bahan alternatif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran.

4. Bagi Peneliti:

Menambah pengetahuan dan keterampilan dalam meningkatkan kompetensi Menerapkan Dasar-Dasar Teknik Digital, sekaligus sebagai sarana menerapkan ilmu yang telah dipelajari di bangku kuliah

5. Bagi Universitas Negeri Yogyakarta:

Memberikan sumbangan pengetahuan tentang pengembangan modul untuk media pembelajaran, dan sebagai bahan referensi tambahan bagi penelitian yang relevan selanjutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Pembelajaran

Belajar adalah suatu proses yang kompleks yang terjadi pada semua orang dan berlangsung seumur hidup. Salah-satu pertanda bahwa seseorang telah belajar adalah adanya perubahan tingkah laku dalam dirinya. Perubahan tingkah laku tersebut menyangkut baik perubahan yang bersifat pengetahuan (kognitif), dan keterampilan (psikomotorik), maupun yang menyangkut nilai dan sikap (afektif) (Arif S. Sadiman, dkk, 2012 : 2). Menurut Undang – Undang Republik Indonesia No.20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, pembelajaran adalah proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar.

Dari uraian di atas, proses pembelajaran membutuhkan beberapa komponen, salah satunya alat yang digunakan sebagai sumber belajar. Sumber belajar yang memadai tentunya sangat berpengaruh pada hasil belajar peserta didik yang baik.

2. Pengembangan

Beberapa ahli mengemukakan pengertian pengembangan sebagai berikut:

- a. Godin dalam Nusa Putra (2012: 68) menjelaskan pengembangan merupakan penerapan pengetahuan yang ada untuk memperbaiki masalah yang ada.
- b. *National Science Board* dalam Nusa Putra (2012: 70) mendefinisikan pengembangan sebagai aplikasi sistematis dari pengetahuan atau pemahaman yang diarahkan pada produksi barang yang bermanfaat.

c. Nusa Putra (2012: 72) yang dikutip dari *Maximsing Defence Capability Through, R&D* menjelaskan pengembangan adalah penggunaan ilmu atau pengetahuan teknis dalam rangka memproduksi bahan baru sebelum dimulainya produksi komersial.

Berbagai penjelasan tentang pengembangan di atas, dapat penulis simpulkan bahwa pengembangan adalah serangkaian proses atau kegiatan yang menggunakan ilmu pengetahuan untuk menghasilkan produk tertentu. Produk yang dimaksud dalam penelitian ini adalah modul belajar untuk peserta didik.

3. Media Pembelajaran

Macam-macam media pembelajaran dan karakteristiknya menurut Luhut Daulay (2012 : 1-5)

a. Media ditinjau dari penyampaian teknis

Berdasarkan perkembangan teknologi, media pembelajaran dikelompokkan kedalam empat kelompok yaitu:

1) Media hasil teknologi cetak. Teknologi cetak adalah cara untuk menghasilkan atau menyampaikan materi, seperti buku dan materi visual statis terutama melalui proses percetakan mekanis atau fotografik. Kelompok media hasil teknologi cetak antara lain: teks, grafik, foto atau representasi fotografik.

Karakteristik media hasil cetak:

- a) Teks dibaca secara linear
- b) Menampilkan komunikasi secara satu arah dan reseptif
- c) Ditampilkan secara statis atau diam
- d) Pengembangannya sangat tergantung kepada prinsip-prinsip pembahasan

e) Berorientasi atau berpusat pada siswa. Pendekatan yang berorientasi pada siswa adalah pendekatan dalam belajar yang ditekankan pada ciri-ciri dan kebutuhan siswa secara individual. Sistem pendekatan yang berorientasi pada siswa ini didesain sedemikian rupa, sehingga siswa dapat belajar dengan sistem yang luwes yang diarahkan agar siswa dapat membentuk gaya belajarnya masing-masing. Dalam hal ini guru dan lembaga berperan sebagai penunjang, fasilitator dan semangat pada siswa yang sedang belajar.

f) Informasi dapat diatur atau ditata ulang oleh pemakai

2) Media hasil teknologi audio-visual. Teknologi audi-visual cara menyampaikan materi dengan menggunakan mesin-mesin mekanis dan elektronis untuk menyajikan pesan-pesan audio-visual penyajian pengajaran secara audio-visual jelas bercirikan pemakaian perangkat keras selama proses pembelajaran, seperti, mesin proyektor film, tape rekorder, proyektor visual yang lebar.

Karakteristik:

- a) Bersifat linear.
- b) Menyajikan visual yang dinamis.
- c) Digunakan dengan cara yang telah ditentukan sebelumnya oleh perancang.
- d) Merupakan representasi fisik dari gagasan real atau abstrak.
- e) Dikembangkan menurut prinsip psikologis behaviorisme dan kognitif.
- f) Berorientasi pada guru.

Pendekatan yang berorientasi pada guru atau lembaga adalah sistem pendidikan yang konvensional dimana hampir seluruh kegiatan pembelajaran dikendalikan penuh oleh para guru dan staf lembaga pendidikan. Dalam sistem

ini guru mengkomunikasikan pengetahuannya kepada siswa dalam bentuk pokok bahasan dalam beberapa macam bentuk silabus. Biasanya pembelajaran berlangsung dan selesai dalam jangka waktu tertentu. Sedangkan metode mengajar yang dipakai tidak beragam bentuknya, biasanya menggunakan metode ceramah dengan pertemuan tatap muka (*face to face*).

3) Media hasil teknologi yang berdasarkan komputer. Teknologi berbasis komputer merupakan cara menghasilkan atau menyampaikan materi dengan menggunakan sumber-sumber yang berbasis mikro-prosesor. Berbagai aplikasi teknologi berbasis komputer dalam pembelajaran umumnya dikenal sebagai *computer assisted instruction*. Aplikasi tersebut apabila dilihat dari cara penyajian dan tujuan yang ingin dicapai meliputi tutorial, penyajian materi secara bertahap, *drills and practice* latihan untuk membantu siswa menguasai materi yang telah dipelajari sebelumnya, permainan dan simulasi (latihan untuk mengaplikasikan pengetahuan dan keterampilan yang baru dipelajari dari basis data (sumber yang dapat membantu siswa menambah informasi dan pengetahuan sesuai dengan keinginan masing-masing)

Karakteristik media hasil teknologi yang berdasarkan komputer :

- a) Dapat digunakan secara acak, non-sekuensial atau secara linear.
- b) Dapat digunakan sesuai keinginan siswa atau perancang.
- c) Gagasan disajikan dalam gaya abstrak dengan simbol dan grafik.
- d) Prinsip-prinsip ilmu kognitif untuk mengembangkan media ini.
- e) Berorientasi pada siswa dan melibatkan interaktifitas siswa yang tinggi.

4) Media hasil gabungan teknologi cetak dan teknologi komputer. Teknologi gabungan adalah cara untuk menghasilkan dan menyampaikan materi yang menggabungkan pemakaian beberapa bentuk media yang dikendalikan

komputer. Komputer yang memiliki kemampuan yang canggih ditambah dengan periferal (alat-alat tambahan), seperti: video disk player, perangkat keras untuk bergabung dalam suatu jaringan dan sistem audio.

Karakteristik media hasil gabungan teknologi cetak dan teknologi komputer :

- a) Dapat digunakan secara acak, sekuensial, linear.
- b) Dapat digunakan sesuai keinginan siswa, bukan saja dengan direncanakan dan diinginkan oleh perancangannya.
- c) Gagasan disajikan secara realistik sesuai dengan pengalaman siswa, menurut apa yang relevan dengan siswa dan dibawah pengendalian siswa.
- d) Prinsip ilmu kognitif dan konstruktifisme ditetapkan dalam pengembangan dan penggunaan pelajaran.
- e) Pembelajaran ditata dan terpusat pada lingkup kognitif sehingga pengetahuan dikuasai jika pengetahuan itu digunakan.
- f) Bahan-bahan pelajaran melibatkan interaktif siswa.
- g) Bahan-bahan pelajaran memadukan kata dan visual dari berbagai sumber.

b. Media ditinjau dari daya liput

Ditinjau dari daya liputnya, media terbagi menjadi:

1) Media dengan daya liput luas dan serentak. Penggunaan media ini tidak terbatas oleh tempat dan ruang serta dapat menjangkau jumlah anak didik yang banyak dalam waktu yang sama, seperti radio dan televisi serta internet.

2) Media dengan daya liput terbatas oleh ruang dan tempat. Media ini dalam penggunaannya membutuhkan ruang dan tempat yang khusus seperti *film sound slides* film rangkai, yang harus menggunakan tempat tertutup dan gelap.

3) Media untuk pembelajaran individual. Penggunaan media ini hanya untuk seorang diri. Termasuk media ini adalah modul berprogram dan pengajaran melalui komputer.

4. Modul

Beberapa ahli mengemukakan pengertian modul sebagai berikut:

- a. Indriyanti Nurma Yunita (2010: 1) Modul adalah suatu cara pengorganisasian materi pelajaran yang memperhatikan fungsi pendidikan.
- b. S. Nasution (2003: 205) "Modul dapat dirumuskan sebagai suatu unit yang lengkap yang berdiri sendiri dan terdiri atas suatu rangkaian kegiatan belajar yang disusun secara sistematis untuk membantu peserta didik mencapai sejumlah tujuan yang dirumuskan secara khusus dan jelas".
- c. Sedangkan menurut Purwanto, dkk (2007: 9) "Modul adalah bahan belajar yang dirancang secara sistematis berdasarkan kurikulum tertentu dan dikemas dalam bentuk satuan pembelajaran terkecil dan memungkinkan dipelajari secara mandiri dalam satuan waktu tertentu".

Berbagai penjelasan tentang modul di atas, dapat penulis simpulkan bahwa modul adalah sarana belajar yang disusun secara sistematis berdasarkan kurikulum tertentu. Sarana belajar ini disusun agar peserta didik mampu belajar mandiri dan mencapai tujuan yang telah dirumuskan.

5. Pengembangan Modul

Berdasar pada uraian yang berkaitan dengan pengembangan dan modul menurut beberapa ahli dalam sub-subbab sebelumnya, pengembangan modul dapat didefinisikan sebagai serangkaian proses atau kegiatan yang menggunakan ilmu pengetahuan untuk menghasilkan sebuah modul sebagai sarana belajar untuk peserta didik.

6. Tujuan Pengembangan Modul

Beberapa ahli mengemukakan tujuan pengembangan modul sebagai berikut:

a. Menurut Indriyanti Nurma Yunita (2010: 2), tujuan penulisan modul adalah :

1) Memperpendek waktu yang diperlukan oleh siswa untuk menguasai tugas pelajaran tersebut.

2) Menyediakan waktu sebanyak yang diperlukan oleh siswa dalam batas-batas yang dimungkinkan untuk menyelenggarakan pendidikan yang teratur.

b. E. Mulyasa (2006: 43) menyatakan “Tujuan utama dari modul adalah untuk meningkatkan efisien dan efektifitas pembelajaran di sekolah, baik waktu, dana, fasilitas, maupun tenaga guna mencapai tujuan secara optimal”.

c. Menurut S. Nasution (2003: 205) tujuan pengajaran modul adalah:

1) Membuka kesempatan bagi peserta didik untuk belajar menurut kecepatan masing-masing. Dianggap bahwa peserta didik tidak akan mencapai hasil yang sama dalam waktu yang sama.

2) Memberi kesempatan bagi peserta didik untuk belajar menurut cara masing-masing, tergantung pada latar belakang pengetahuan dan kebiasaan belajar masing-masing peserta didik.

3) Memberi pilihan dari sejumlah besar topik dalam suatu mata pelajaran atau bidang studi tertentu pada peserta didik yang tidak mempunyai minat yang sama atau motivasi yang sama untuk mencapai tujuan yang sama.

4) Memberi kesempatan kepada peserta didik untuk mengenal kelebihan dan kekurangannya serta memperbaiki kelemahan masing-masing peserta didik melalui modul remedial, ulangan-ulangan atau variasi dalam cara belajar.

d. Menurut Purwanto, dkk (2007: 10) tujuan disusunnya modul adalah agar peserta dapat menguasai kompetensi yang diajarkan dalam diklat atau kegiatan

pembelajaran dengan sebaik-baiknya. Bagi guru modul juga menjadi acuan dalam menyajikan dan memberikan materi selama kegiatan pembelajaran berlangsung.

7. Langkah Penyusunan Modul

Langkah-langkah penulisan modul menurut Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan 2008 dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

a. Analisis kebutuhan modul

Analisis kebutuhan modul merupakan kegiatan menganalisis silabus dan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) untuk memperoleh informasi modul yang dibutuhkan peserta didik dalam mempelajari kompetensi yang telah diprogramkan. Nama judul sebaiknya disesuaikan dengan kompetensi yang terdapat pada silabus dan RPP.

Tujuan analisis kebutuhan modul adalah untuk mengidentifikasi dan menetapkan jumlah dan judul modul yang harus dikembangkan dalam satu satuan program tertentu. Analisis kebutuhan modul dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

- 1) Menetapkan satuan program yang akan dijadikan batas/lingkup kegiatan.
- 2) Mengidentifikasi dan menentukan ruang lingkup unit kompetensi.
- 3) Mengidentifikasi unit modul yang dibutuhkan, mana yang sudah ada dan yang belum ada di sekolah.
- 4) Penyusunan modul berdasarkan prioritas kebutuhan.

b. Desain modul

Penulisan modul dilakukan sesuai dengan RPP. Namun apabila RPP belum ada, maka dapat dilakukan dengan langkah-langkah menurut Nana Sudjana (2007: 133):

1) Menyusun komponen kerangka modul yang terdiri dari: menyusun tujuan instruksional, menyusun butir-butir soal evaluasi, menyusun pokok materi, menyusun langkah-langkah kegiatan belajar, mengidentifikasi alat-alat/media yang diperlukan dalam kegiatan belajar.

2) Menulis program: pembuatan petunjuk guru, lembaran kegiatan peserta didik, lembaran kerja peserta didik, lembaran tes, lembaran jawaban, lembaran jawaban tes.

c. Evaluasi dan Validasi

Evaluasi dimaksud untuk mengetahui dan mengukur apakah implementasi pembelajaran dengan modul dapat dilaksanakan sesuai dengan desain pengembangannya. Dalam tahap evaluasi ini dapat menggunakan instrumen penilaian yang didasarkan pada karakteristik modul. Instrumen tersebut ditujukan pada ahli materi dan ahli media.

Validasi merupakan proses untuk menguji kesesuaian modul dengan kompetensi yang menjadi target belajar. Validasi dapat dilakukan dengan cara meminta bantuan ahli atau guru yang menguasai kompetensi yang dipelajari.

d. Penyempurnaan

Langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah memperbaiki kekurangan dan kelemahan modul hasil evaluasi oleh ahli materi dan ahli media. Jika isi modul sesuai dengan kompetensi, maka modul dinyatakan valid. Namun bila modul tidak valid maka modul perlu perbaikan (revisi). Langkah penyempurnaan yang terakhir adalah penilaian dengan melibatkan peserta didik tanpa mengubah substansi modul yang telah diuji para ahli. Bila hasil penilaian keseluruhan modul sudah layak, berarti modul tersebut siap diimplementasikan untuk kepentingan pembelajaran yang sesungguhnya, siap dicetak dan diperbanyak.

e. Uji coba

Modul yang sudah dinyatakan valid dapat diuji cobakan kepada peserta didik. Uji coba dimaksudkan untuk mengetahui apakah modul dapat diimplementasikan pada situasi dan kondisi sesungguhnya.

f. Modul

Modul Dasar-Dasar Teknik Digital pada mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital merupakan produk dalam penelitian ini.

8. Komponen Modul

Indriyanti Nurma Yunita (2010: 7) menyatakan bahwa komponen modul mencakup :

a. Bagian pendahuluan

Bagian pendahuluan mengandung :

- 1) Penjelasan umum mengenai modul
- 2) Indikator pembelajaran

b. Bagian kegiatan belajar

Bagian Kegiatan Belajar mengandung :

1) Tujuan pembelajaran. Hakikat sasaran pembelajaran mengacu kepada hasil pembelajaran yang diharapkan. Sasaran umum pembelajaran ditetapkan terlebih dahulu dan semua upaya pembelajaran diarahkan untuk mencapai sasaran tersebut. Sasaran khusus pembelajaran merupakan penjabaran dari sasaran umum pembelajaran yang menjelaskan tingkah laku khusus yang dimiliki siswa setelah menyelesaikan pembelajaran tersebut. Sasaran pembelajaran diklasifikasikan menjadi dua jenis, sejalan dengan dua jenis strategi pengorganisasian pembelajaran yang ada (strategi makro dan mikro), yaitu

sasaran umum dan sasaran khusus. Sasaran khusus pembelajaran adalah pernyataan khusus tentang hasil pembelajaran yang diinginkan. Sasaran ini diacukan kepada konstruk tertentu, apakah itu fakta, konsep, prosedur, atau prinsip. Oleh karena itu akan banyak mempengaruhi strategi pengorganisasian mikro. Istilah yang lebih populer adalah *behavior objective*, *performance objective*, yakni uraian tentang apa yang dapat dikerjakan siswa setelah menyelesaikan satu unit pembelajaran. Pengertian indikator pembelajaran dapat ditinjau dari empat sudut pandang, yaitu segi peran siswa, kepentingan siswa, wujudnya, dan cara merumuskannya. Dari segi peran siswa, sasaran khusus pembelajaran diartikan sebagai pernyataan tentang hasil yang dicapai siswa setelah dibelajarkan. Ditinjau dari segi kepentingan siswa, sasaran khusus pembelajaran diartikan sebagai deskripsi tingkah laku yang diharapkan dapat dimiliki siswa setelah mengikuti pembelajaran. Ditinjau dari wujudnya, sasaran khusus pembelajaran berarti deskripsi informasi yang ditunjukkan siswa sebagai hasil pembelajaran. Ditinjau dari segi cara merumuskannya, sasaran khusus pembelajaran dapat diartikan sebagai hasil belajar yang dirumuskan secara rinci.

2) Uraian isi pembelajaran. Uraian isi pembelajaran menyangkut masalah strategi pengorganisasian isi pembelajaran yang oleh Reigeluth, Bunderson, dan Merrill dalam degeng (1988), diartikan sebagai strategi yang mengacu kepada cara untuk mebuat urutan (*squencing*) dan mensintesis (*synthesizing*) fakta, konsep, prosedur, dan prinsip-prinsip yang berkaitan. *Squencing* mengacu kepada upaya pembuatan urutan penyajian isi bidang studi, sedangkan *synthesizing* mengacu kepada upaya untuk menunjukkan kepada siswa keterkaitan antara fakta, konsep, prosedur, dan prinsip yang terkandung dalam bidang studi. Proses pembelajaran dapat meningkatkan hasil belajar jika isi dan

prosedur pembelajaran diorganisasi menjadi urutan yang bermakna, bahan disajikan dalam bagian-bagian yang bergantung pada kedalaman dan kesulitannya. Untuk tujuan tersebut diperlukan langkah sintesis pembelajaran. Mensintesis adalah mengaitkan topik-topik suatu bidang studi dengan keseluruhan isi bidang studi, sehingga isi yang disajikan lebih bermakna menyebabkan siswa memiliki ingatan yang baik dan lebih tahan lama terhadap topik-topik yang dipelajari. Materi pembelajaran yang tepat untuk disajikan dalam kegiatan pembelajaran adalah relevan dengan sasaran pembelajaran, tingkat kesukaran sesuai dengan taraf kemampuan pebelajar, dapat memotivasi pebelajar, mampu mengaktifkan pikiran dan kegiatan pebelajar, sesuai dengan prosedur pengajaran yang ditentukan, dan sesuai dengan media pengajaran yang tersedia. Berkaitan dengan pengembangan modul, isi pembelajaran diorganisasikan menurut struktur isi pembelajaran dengan analisis sasaran khusus pembelajaran.

3) Rangkuman. Rangkuman merupakan komponen modul yang menyajikan ide-ide pokok isi pembelajaran modul, sebagai tinjauan ulang serta pendalaman terhadap materi pembelajaran yang telah dipelajari siswa. Rangkuman dapat memberikan manfaat yang sangat berarti bagi siswa dalam mengorganisasi ingatannya, karena rangkuman berisi pernyataan singkat yang mudah diingat dan dipahami. Rangkuman merupakan pernyataan singkat mengenai isi bidang studi yang telah dipelajari, contoh-contoh setiap konsep, prosedur, atau prinsip yang diajarkan. Pemberian rangkuman dalam pengajaran merupakan bagian penting dari strategi pembelajaran sehingga memiliki manfaat yang sangat penting, baik untuk siswa, maupun guru. Hal penting yang perlu diperhatikan dalam menyusun rangkuman adalah, rangkuman harus singkat dan langsung

pada isinya, rangkuman berisi ide-ide pokok, rangkuman mencatat informasi dalam bentuk catatan atau grafik/diagram, atau formulasi-formulasi, rangkuman dapat membangun dan mengembangkan pelajaran, bagian yang penting perlu digaris bawahi atau diketik miring, menarik dan dapat dibaca.

4) Tes. Tes merupakan alat untuk mengetahui seberapa jauh indikator pembelajaran telah dicapai oleh siswa. Tes juga berfungsi sebagai umpan balik bagi guru, untuk mengetahui seberapa jauh keberhasilan bimbingan yang diberikannya dan berfungsi untuk memperbaiki proses pembelajaran. Proses pembelajaran akan lebih berhasil apabila diberikan tes yang relevan dengan sasaran khusus pembelajaran. Bentuk tes dapat berupa tes subyektif dan/atau tes obyektif. Skor setiap item tes boleh sama atau berbeda, bergantung kepada tingkat kesukaran masing-masing item tes.

5) Kunci jawaban. Kunci jawaban berisi jawaban tes yang wajib dikerjakan oleh siswa. Kunci jawaban berfungsi sebagai panduan siswa terhadap jawaban tes, dan umpan balik bagi guru untuk mengetahui seberapa jauh tingkat keberhasilan belajar siswa terhadap indikator pembelajaran. Jawaban tes mengacu kepada isi pembelajaran. Jawaban soal subyektif sebaiknya disusun dengan singkat dan padat serta tidak menimbulkan tafsiran yang lain atau berbeda.

6) Umpan balik. Umpan balik adalah komponen modul yang berisi informasi tentang :

- a) Skor tiap-tiap item tes,
- b) Rumus cara menghitung skor akhir yang dicapai siswa,
- c) Pedoman menentukan tingkat pencapaian indikator siswa berdasarkan skor yang dicapai, dan

d) Kegiatan berikutnya yang dilakukan siswa setelah diketahui tingkat pencapaian pembelajaran.

Informasi dalam umpan balik memiliki dua fungsi, yakni fungsi perbaikan dan fungsi penguatan (*reinforcement*).

c. Daftar pustaka. Daftar pustaka merupakan bagian penting bagi modul. Dengan daftar pustaka yang lengkap, mutakhir dan relevan, siswa dapat menelusuri informasi untuk melakukan pendalaman dan pengembangan materi pembelajaran sesuai dengan sasaran pembelajaran yang telah dirumuskan.

9. Kerangka Penulisan Modul

a. Kerangka modul

Menurut Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan 2008 kerangka modul tersusun sebagai berikut:

| |
|--|
| Kata Pengantar |
| Daftar Isi |
| Peta Kedudukan Modul |
| Glosarium |
| |
| I. PENDAHULUAN |
| A. Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar |
| B. Deskripsi |
| C. Waktu |
| D. Prasyarat |
| E. Petunjuk Penggunaan Modul |
| F. Tujuan Akhir |
| G. Cek Penguasaan Standar Kompetensi |
| |
| II. PEMBELAJARAN |
| A. Pembelajaran 1 |
| 1. Tujuan |
| 2. Uraian Materi |
| 3. Rangkuman |
| 4. Tugas |
| 5. Tes |
| 6. Lembar Kerja Praktik |
| B. Pembelajaran 2-n (dan seterusnya, mengikuti jumlah pembelajaran yang dirancang) |
| 1. Tujuan |
| 2. Uraian Materi |
| 3. Rangkuman |
| 4. Tugas |
| 5. Tes |
| 6. Lembar Kerja Praktik |
| |
| III. EVALUASI |
| A. Tes Kognitif |
| B. Tes Psikomotor |
| C. Penilaian Sikap |
| |
| KUNCI JAWABAN |
| DAFTAR PUSTAKA |

Gambar 1. Kerangka Modul

b. Deskripsi kerangka

1) Halaman sampul. Berisi antara lain: label, bidang/program studi keahlian dan kompetensi keahlian, judul modul, gambar ilustrasi (mewakili kegiatan yang dilaksanakan pada pembahasan modul), tulisan lembaga seperti Departemen Pendidikan Nasional, Dirjen Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat Pembinaan SMK, tahun modul disusun.

2) Kata pengantar. Memuat informasi tentang peran modul dalam proses pembelajaran.

3) Daftar isi. Memuat kerangka (*outline*) modul dan dilengkapi dengan nomor halaman.

4) Peta kedudukan modul. Diagram yang menunjukkan kedudukan modul dalam keseluruhan program pembelajaran.

5) Glosarium. Memuat penjelasan tentang arti dari setiap istilah, kata-kata sulit dan asing yang digunakan dan disusun menurut urutan abjad (alfabetis).

6) Pendahuluan

a) Standar kompetensi dan kompetensi dasar. Standar kompetensi yang akan dipelajari pada modul.

b) Deskripsi. Penjelasan singkat tentang nama dan ruang lingkup isi modul, kaitan modul dengan modul lainnya, hasil belajar yang akan dicapai setelah menyelesaikan modul, serta manfaat kompetensi tersebut dalam proses pembelajaran dan kehidupan secara umum.

c) Waktu. Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menguasai kompetensi yang menjadi target belajar.

d) Prasyarat. Kemampuan awal yang dipersyaratkan untuk mempelajari modul tersebut, baik berdasarkan bukti penguasaan modul lain maupun dengan menyebut kemampuan spesifik yang diperlukan.

e) Petunjuk penggunaan modul. Memuat panduan tatacara menggunakan modul, yaitu :

(1) Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mempelajari modul secara benar.

(2) Perlengkapan, seperti sarana/ prasarana/ fasilitas yang harus dipersiapkan sesuai dengan kebutuhan belajar.

f) Tujuan akhir. Pernyataan tujuan akhir (*performance objective*) yang hendak dicapai peserta didik setelah menyelesaikan suatu modul. Rumusan tujuan akhir tersebut harus memuat :

- (1) Kinerja (perilaku) yang diharapkan
- (2) Kriteria keberhasilan
- (3) Kondisi atau variabel yang diberikan

g) Cek penguasaan standar kompetensi. Berisi tentang daftar pertanyaan yang akan mengukur penguasaan awal kompetensi peserta didik, terhadap kompetensi yang akan dipelajari pada modul ini. Apabila peserta didik telah menguasai standar kompetensi/ kompetensi dasar yang akan dicapai, maka peserta didik dapat mengajukan uji kompetensi kepada penilai.

7) Pembelajaran.

a) Pembelajaran 1. Kompetensi dasar yang hendak dipelajari.

b) Tujuan. Memuat kemampuan yang harus dikuasai untuk satu kesatuan kegiatan belajar. Rumusan tujuan kegiatan belajar relatif tidak terikat dan tidak terlalu rinci.

c) Uraian materi. Berisi uraian pengetahuan/ konsep/ prinsip tentang kompetensi yang sedang dipelajari.

d) Rangkuman. Berisi ringkasan pengetahuan / konsep / prinsip yang terdapat pada uraian materi.

e) Tugas. Berisi instruksi tugas yang bertujuan untuk penguatan pemahaman terhadap konsep/ pengetahuan/prinsip-prinsip penting yang dipelajari. Bentuk-bentuk tugas dapat berupa kegiatan observasi untuk mengenal fakta, studi kasus, kajian materi, latihan-latihan. Setiap tugas yang diberikan perlu dilengkapi dengan lembar tugas, instrumen observasi, atau bentuk-bentuk instrumen yang lain sesuai dengan bentuk tugasnya.

f) Tes. Berisi tes tertulis sebagai bahan pengecekan bagi peserta didik dan guru untuk mengetahui sejauh mana penguasaan hasil belajar yang telah dicapai, sebagai dasar untuk melaksanakan kegiatan berikut.

g) Lembar kerja praktik. Berisi petunjuk atau prosedur kerja suatu kegiatan praktik yang harus dilakukan peserta didik dalam rangka penguasaan kemampuan psikomotorik. Isi lembar kerja antara lain: alat dan bahan yang digunakan, petunjuk tentang keamanan/keselamatan kerja yang harus diperhatikan, langkah kerja, dan gambar kerja (jika diperlukan) sesuai dengan tujuan yang akan dicapai. Lembar kerja perlu dilengkapi dengan lembar pengamatan yang dirancang sesuai dengan kegiatan praktik yang dilakukan.

Pembelajaran 2 - n mencakup tata cara yang sama dengan pembelajaran 1, namun berbeda topik dan fokus bahasan. Kemudian dilanjutkan pembelajaran 3 dan seterusnya.

8) Evaluasi. Teknik atau metoda evaluasi harus disesuaikan dengan ranah (domain) yang dinilai, serta indikator keberhasilan yang diacu.

a) Tes kognitif. Instrumen penilaian kognitif dirancang untuk mengukur dan menetapkan tingkat pencapaian kemampuan kognitif (sesuai standar kompetensi dasar). Soal dikembangkan sesuai dengan karakteristik aspek yang akan dinilai dan dapat menggunakan jenis-jenis tes tertulis yang dinilai cocok.

b) Tes psikomotor. Instrumen penilaian psikomotor dirancang untuk mengukur dan menetapkan tingkat pencapaian kemampuan psikomotorik dan perubahan perilaku (sesuai standar kompetensi/ kompetensi dasar). Soal dikembangkan sesuai dengan karakteristik aspek yang akan dinilai.

c) Penilaian sikap. Instrumen penilaian sikap dirancang untuk mengukur sikap kerja (sesuai kompetensi/ standar kompetensi dasar).

9) Kunci jawaban. Berisi jawaban pertanyaan dari tes yang diberikan pada setiap kegiatan pembelajaran dan evaluasi pencapaian kompetensi, dilengkapi dengan kriteria penilaian pada setiap item tes.

10) Daftar pustaka. Semua referensi/ pustaka yang digunakan sebagai acuan pada saat penyusunan modul.

10. Kelayakan Modul

Kelayakan modul merupakan kriteria penentuan apakah suatu modul layak untuk digunakan atau tidak. Modul yang layak digunakan untuk sarana pembelajaran harus dilihat dari berbagai aspek, meliputi aspek kualitas materi, aspek karakteristik, aspek tampilan modul, dan aspek manfaat.

a. Aspek kualitas materi

Materi merupakan isi yang diberikan kepada peserta didik saat proses pembelajaran berlangsung. Menurut W.S. Winkel (2005: 331) materi pelajaran harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

1) Materi pelajaran harus relevan terhadap tujuan instruksional yang harus dicapai.

2) Materi pelajaran harus sesuai dengan taraf kesulitannya dengan kemampuan peserta didik untuk menerima dan mengolah bahan itu.

3) Materi pelajaran harus dapat menunjang motivasi peserta didik karena relevan dengan pengalaman hidup sehari-hari.

4) Materi pelajaran harus membantu untuk melibatkan diri secara aktif, baik dengan berpikir sendiri maupun dengan melakukan berbagai kegiatan.

5) Materi pelajaran harus sesuai prosedur didaktis yang diikuti.

6) Materi pelajaran harus sesuai dengan media pengajaran yang tersedia.

Pada penyusunan indikator instrumen, kriteria poin 1 dan 5 dilebur menjadi satu indikator karena prosedur didaktis yang digunakan menyesuaikan dengan instruksional tujuan yang dicapai. Poin 6 tidak digunakan sebagai indikator, karena modul DDTD yang disusun sifatnya media yang baru, belum ada media baku sebelumnya untuk mata pelajaran DDTD kelas X teknik audio video di SMK Negeri 3 Yogyakarta.

Sedangkan kriteria materi pembelajaran menurut R. Ibrahim dan Nana Syaodih S. (2003: 102) adalah:

1) Materi pelajaran hendaknya menunjang tercapainya tujuan intruksional.

2) Materi pelajaran hendaknya sesuai dengan tingkat pendidikan dan perkembangan peserta didik pada umumnya.

3) Materi pelajaran hendaknya terorganisir secara sistematis dan berkesinambungan.

4) Materi pelajaran hendaknya mencakup hal-hal yang bersifat faktual maupun konseptual.

Indikator yang digunakan dalam penilaian modul dari aspek materi bisa dilihat dalam matriks indikator tabel 1, dengan mengacu pendapat beberapa ahli.

Tabel 1. Matriks Indikator Aspek Kualitas Materi

| Indikator \ Pustaka | W.S. Winkel (2005: 331) | R. Ibrahim dan Nana Syaodih S. (2003: 102) |
|--|----------------------------|--|
| 1. Materi relevan terhadap tujuan intruksional. | 1,6 | 1 |
| 2. Materi sesuai dengan kemampuan peserta didik pada umumnya. | 2 | 2 |
| 3. Materi mampu memotivasi peserta didik untuk belajar. | 3 | |
| 4. Materi mampu membantu peserta didik aktif dalam pembelajaran. | 4 | |
| 5. Materi terorganisir secara sistematis dan berkesinambungan. | | 3 |
| 6. Materi mencakup hal-hal yang bersifat faktual dan konseptual. | | 4 |

b. Aspek karakteristik modul

Karakteristik penulisan modul yang baik menurut Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan (2008: 4-8):

1) Self instructional. *Self instructional* artinya melalui modul seseorang atau peserta didik mampu belajar mandiri, tidak tergantung pada pihak lain. Untuk memenuhi karakter tersebut, maka modul harus:

1. Memuat tujuan pembelajaran yang jelas.
2. Memuat materi yang mudah dipelajari secara tuntas.
3. Tersedia contoh dan ilustrasi untuk kejelasan materi.
4. Terdapat soal latihan dan tugas, untuk mengukur penguasaan peserta didik.
5. Menggunakan bahasa sederhana dan komunikatif.
6. Terdapat rangkuman materi pembelajaran.

7. Terdapat instrumen penilaian yang memungkinkan peserta didik melakukannya sendiri (*self assessment*).
8. Terdapat umpan balik atas penilaian peserta didik.
9. Terdapat informasi tentang referensi yang mendukung materi.

2) *Self contained*. *Self contained* artinya seluruh materi pembelajaran dari satu unit kompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu modul secara utuh. Tujuan dari konsep ini adalah memberikan kesempatan peserta didik mempelajari materi pembelajaran secara tuntas.

3) *Stand alone*. *Stand alone* atau berdiri sendiri artinya modul yang dikembangkan tidak tergantung pada media lain. Dalam mempelajari dan mengerjakan tugas yang ada dalam modul, peserta didik tidak tergantung pada media lain selain modul yang digunakan.

4) *Adaptif*. Adaptif artinya modul dapat menyesuaikan terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta fleksibel. Modul yang adaptif adalah jika isi materi pembelajaran dapat digunakan sampai dengan kurun waktu tertentu.

5) *User friendly*. *User friendly* atau bersahabat artinya modul yang dikembangkan bersahabat dengan pemakainya. Setiap intruksi dan paparan informasi yang ada dalam modul bersifat membantu dan bersahabat dengan pemakainya, termasuk kemudahan peserta didik dalam merespon, mengakses sesuai dengan keinginan. Penggunaan bahasa yang sederhana, mudah dimengerti serta menggunakan istilah yang umum digunakan.

c. Aspek tampilan modul

Penilaian aspek tampilan modul yang dimaksud adalah kualitas tampilan visual yang dihasilkan oleh modul. Menurut Azhar Arsyad (2004: 87-90) media

berbasis cetakan seperti modul, menuntut enam elemen yang perlu diperhatikan antara lain:

1) Konsistensi

a) Konsistensi format. Konsistensi format dari halaman ke halaman diusahakan agar tidak menggabungkan cetakan huruf dan ukuran huruf.

b) Konsisten dalam jarak spasi. Jarak antara judul dan baris pertama, judul dan teks utama, serta kesamaan garis samping.

2) Format

a) Paragraf. Jika paragraf panjang sering muncul gunakan tampilan satu kolom. Sebaliknya jika paragraf pendek-pendek dapat menggunakan tampilan dua kolom.

b) Isi. Jika ada isi yang berbeda sebaiknya dipisahkan dan dilabel secara visual.

c) Taktik dan startegi pengajaran. Jika ada taktik dan startegi pengajaran yang berbeda sebaiknya dipisahkan dan dilabel secara visual.

3) Organisasi

a) Tata letak. Mengorganisasikan antar bab, judul, sub judul, paragraf dan uraian materi dengan menyusun alur yang memudahkan peserta didik memahaminya.

b) Teks. Susunlah teks sedemikian rupa sehingga informasi mudah diperoleh.

c) Pengelompokan. Penggunaan kotak-kotak dapat digunakan untuk memisahkan bagian-bagian dari teks.

4) Daya tarik. Daya tarik dapat digunakan pada setiap bab atau bagian baru dengan cara yang berbeda seperti menempatkan beberapa gambar ilustrasi,

pengetikan huruf tebal, miring, garis bawah atau warna. Hal ini diharapkan dapat memotivasi peserta didik untuk membaca terus.

5) Ukuran huruf

a) Font. Pilihlah huruf yang sesuai dengan peserta didik, pesan, dan lingkungannya. Ukuran huruf yang baik untuk teks (buku teks atau buku penuntun) adalah 12 poin.

b) Penulisan. Menghindari penggunaan huruf kapital untuk seluruh teks, karena dapat membuat proses membaca menjadi sulit.

6) Ruang (spasi) kosong

a) Penggunaan spasi. Menggunakan spasi kosong tanpa teks atau gambar untuk menambah kontras penampilan. Hal ini berfungsi memberikan kesempatan pembaca untuk beristirahat pada titik-titik tertentu pada saat matanya bergerak menyusuri teks.

Ruang kosong dapat berbentuk:

1. Ruang sekitar bab, judul bab dan sub bab.
2. Batas tepi (*margin*), batas tepi yang luas memaksa perhatian peserta didik untuk masuk ke tengah-tengah halaman.
3. Spasi antar kolom kosong, semakin lebar kolomnya semakin luas spasinya.
4. Pergantian antar paragraf.

b) Penyesuaian spasi. Sesuaikan spasi antar baris dan antar paragraf untuk meningkatkan tampilan dan tingkat keterbacaan.

Berdasarkan uraian sebelumnya, indikator penilaian aspek tampilan modul adalah:

1. Konsistensi dari halaman ke halaman.
2. Format penulisan.

3. Organisasi tata letak.
4. Daya tarik.
5. Penggunaan huruf (*font*).
6. Ruang (spasi) kosong

d. Aspek manfaat modul

Pembelajaran menggunakan modul banyak memberikan manfaat bagi guru maupun peserta didik. Menurut S. Nasution (2003: 206) keuntungan dari modul bagi peserta didik adalah adanya umpan balik (*feedback*), penguasaan tuntas, tujuan yang jelas, motivasi, fleksibilitas, kerjasama dan perbaikan (*remidial*). Keuntungan yang diperoleh guru adalah timbulnya rasa kepuasan, dapat memberikan bantuan individual dan mengadakan pengayaan, adanya kebebasan rutinitas, menghemat waktu, meningkatkan prestasi keguruan seperti adanya evaluasi formatif.

Dari uraian S. Nasution (2003: 206) sebelumnya, dapat diambil indikator modul bermanfaat jika modul mampu :

- 1) Meningkatkan motivasi belajar peserta didik.
- 2) Mempermudah peserta didik dalam belajar.
- 3) Peserta didik mampu menguasai materi secara tuntas.
- 4) Membantu guru menyampaikan materi.
- 5) Mengatasi keterbatasan ruang, waktu dan daya indera.
- 6) Peserta didik mampu mengukur dan mengevaluasi sendiri hasil belajarnya.

Sedangkan menurut Arif S. Sadiman (2003: 15-16) manfaat modul adalah:

- 1) Memperjelas penyajian pesan agar tidak terlalu verbalistis.
- 2) Mengatasi keterbatasan ruang, waktu dan daya indera.

3) Dapat mengatasi sikap pasif peserta didik: menimbulkan kegairahan belajar, interaksi langsung dengan kenyataan, dan memungkinkan peserta didik belajar mandiri.

4) Mengatasi perbedaan yang ada pada peserta didik dengan cara: memberikan perangsang yang sama, mempersamakan pengalaman, dan menimbulkan persepsi yang sama.

5) Meletakkan dasar-dasar yang penting untuk perkembangan belajar, oleh karena itu membuat pelajaran lebih mantap.

6) Memberikan pengalaman yang nyata sehingga dapat menimbulkan pemikiran yang teratur dan *continue*.

7) Membantu timbulnya pengertian sehingga membantu perkembangan berbahasa.

8) Memberikan pengalaman baru dalam belajar secara efisien.

Berdasarkan uraian sebelumnya, indikator penilaian yang digunakan untuk menilai aspek manfaat modul bisa dilihat pada matriks indikator tabel 2.

Tabel 2. Matriks Indikator Aspek Manfaat Modul

| Indikator | Pustaka | |
|--|-------------------------|----------------------------------|
| | Nasution (2003: 206) | Arif S. Sadiman (2003: 15-16) |
| 1. Meningkatkan motivasi kepada peserta didik. | 1 | 3 |
| 2. Menambah pengetahuan kepada peserta didik. | | 8 |
| 3. Menambah referensi bagi peserta didik. | | 6 |
| 4. Mempermudah peserta didik dalam belajar. | 2 | 5,7 |
| 5. Peserta didik mampu menguasai materi secara tuntas. | 3 | |
| 6. Membantu guru menyampaikan materi. | 4 | 1 |
| 7. Mengatasi keterbatasan ruang, waktu dan daya indera. | 5 | 2 |
| 8. Menimbulkan persepsi yang sama pada peserta didik. | | 4 |
| 9. Peserta didik mampu mengukur dan mengevaluasi sendiri hasil belajarnya. | 6 | 3 |

11. Kompetensi Menerapkan Dasar-Dasar Teknik Digital

Menurut E. Mulyasa (2006: 37) “Kompetensi merupakan perpaduan dari pengetahuan, keterampilan, nilai dan sikap yang direfleksikan dalam kebiasaan berpikir dan bertindak”. Sedangkan menurut Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan (2008: 5) kompetensi adalah kemampuan bersikap, berpikir, dan bertindak secara konsisten sebagai perwujudan dan pengetahuan, sikap, dan keterampilan yang dimiliki oleh peserta didik. Dari beberapa definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa kompetensi adalah kemampuan dari peserta didik dalam berpikir, bersikap, dan bertindak secara konsisten sebagai wujud dari pengetahuan, sikap, dan keterampilan yang dimiliki.

Mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital kelas X di SMK Negeri 3 Yogyakarta terdapat enam kompetensi dasar yang harus dipelajari yaitu menjelaskan sistem bilangan, menjelaskan operasi gerbang-gerbang dasar, menjelaskan macam-macam Flip-Flop, menjelaskan macam-macam register, menjelaskan macam-macam dekoder dan enkoder, dan menjelaskan macam-macam counter. Kompetensi ini terdapat pada semester ganjil dan genap yang pelaksanaan pembelajarannya bersifat teori dan praktik.

Standar Kompetensi menerapkan dasar-dasar teknik digital berdasarkan silabus mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital kelas X di SMK Negeri 3 Yogyakarta 2013/2014 merupakan suatu persiapan yang penting bagi peserta didik. Oleh karena itu modul teknik digital disusun sesuai dengan materi yang ditentukan silabus.

Materi yang diajarkan sesuai dengan silabus mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital kelas X di SMK Negeri 3 Yogyakarta 2013/2014 antara lain:

1. Pengenalan digital, sistem bilangan, menghitung konversi bilangan, aritmatika bilangan, dan kode bilangan.
2. Gerbang logika, dan penguasaan aljabar boole serta kegunaannya dalam sistem digital.
3. Flip-flop, dan ragamnya.
4. Register, ragam register, dan kombinasi register.
5. Dekoder dan enkoder.
6. Counter, ragam counter, penerapan counter, dan merancang counter.

B. Hasil Penelitian yang Relevan

1. Hanif Nurrohmah (2011) yang meneliti tentang “Pembuatan Modul Praktik Jaringan Komputer Berbasis Packet Tracer 5.2”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul simulasi perangkat jaringan komputer berbasis Packet Tracer 5.2 layak untuk dipakai sebagai panduan belajar jaringan komputer ditinjau dari segi paket pembelajaran mandiri yang lengkap, memperhatikan perbedaan individu siswa, kejelasan tujuan pembelajaran, urutan antara unit pembelajaran terstruktur secara sistematis, menggunakan berbagai jenis media, partisipasi aktif siswa, pemberian umpan balik segera, evaluasi sesuai prinsip belajar tuntas, dan kemudahan untuk digunakan.

2. Tiri Prabowo (2011) yang meneliti tentang “Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Pemograman Mikrokontroler dengan Bahasa C untuk SMK”. Hasil penelitian menunjukan bahwa tingkat validitas kelayakan yang diberikan ahli materi sebesar 82% yang dikategorikan baik, ahli media sebesar 81% yang dikategorikan baik, dan untuk uji coba pada siswa sebesar 75% yang dikategorikan cukup untuk digunakan dalam pembelajaran di kelas. Hasil uji coba penggunaan kepada 30 siswa dengan rerata nilai hasil pretest sebesar 46,933

dan rerata posttest sebesar 64,133 sehingga diperoleh peningkatan nilai sebesar 17,2. Analisis *gain score* ternormalisasi didapatkan hasil sebesar 0,324 yang dikategorikan *gain*-sedang.

3. Luluk Nur Annisa (2012) yang meneliti tentang “Pengembangan Media Pembelajaran Keterampilan Komputer dan Pengelolaan Informasi (KKPI) Berbasis Multimedia Interaktif Menggunakan Adobe Flash CS3 dan XML Sebagai Sumber Belajar bagi Siswa Kelas X SMK N 5 Yogyakarta”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 1) Pengembangan media pembelajaran KKPI pokok bahasan menginstal sistem operasi dan program aplikasi melalui empat tahap yaitu analisis kebutuhan, perencanaan, pengembangan, dan uji coba lapangan. 2) Kinerja media pembelajaran KKPI pokok bahasan menginstal sistem operasi dan program aplikasi setelah dilakukan *Black Box Testing* diperoleh hasil bahwa media pembelajaran sudah berfungsi dengan baik dan benar. 3) Kelayakan media pembelajaran KKPI pokok bahasan menginstal sistem operasi dan program aplikasi dapat dilihat dari 3 penguji yaitu: a) berdasarkan validasi ahli media, media pembelajaran ini telah layak digunakan sebagai sumber belajar dengan kategori baik karena memiliki rerata skor keseluruhan sebesar 3,95. b) Berdasarkan validasi ahli materi, media pembelajaran ini juga telah layak digunakan sebagai sumber belajar dengan kategori baik karena memiliki rerata skor keseluruhan sebesar 3,8. c) berdasarkan uji coba lapangan oleh siswa, media pembelajaran ini dapat digunakan sebagai sumber belajar dengan kategori baik karena memiliki rerata skor sebesar 3,09.

C. Kerangka Pikir

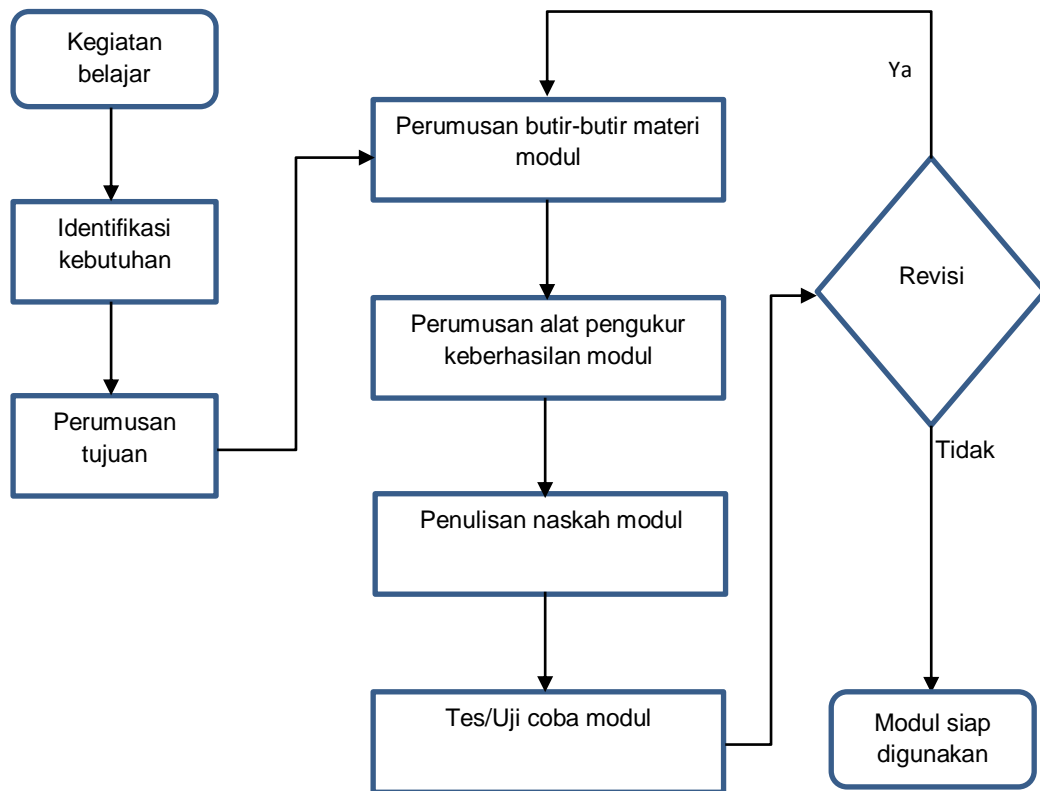
Suatu proses kegiatan belajar dipengaruhi oleh guru, peserta didik, bahan ajar, sarana belajar, serta metode pembelajaran yang digunakan. Pada

umumnya Dasar-Dasar Teknik Digital merupakan ilmu baru bagi peserta didik kelas X SMK. Kegiatan pembelajaran yang bersifat *teacher centered* dan minimnya media belajar menyebabkan peserta didik cenderung pasif dalam belajar. Sehingga pembelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital berjalan kurang efektif.

Pengembangan sebuah media pembelajaran, dalam hal ini modul Dasar-Dasar Teknik Digital menyesuaikan kompetensi yang digunakan guru terhadap peserta didik. Oleh karenanya butir-butir materi yang dimuat dalam modul disesuaikan dengan kompetensi yang ada. Selain itu, modul Dasar-Dasar Teknik Digital diukur kelayakannya oleh ahli media dan ahli materi. Sehingga dalam proses pengembangan modul diperlukan beberapa revisi, sampai modul tersebut siap dilepas untuk mendukung kegiatan belajar peserta didik.

Modul sangat diperlukan dalam mendukung efektifitas kegiatan belajar mengajar. Salah satu variasi yang dapat dilakukan dalam pembelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital adalah dengan mengembangkan modul Dasar-Dasar Teknik Digital pada mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital Kelas X Audio-Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta.

Berdasarkan uraian sebelumnya, dapat dibuat bagan kerangka berpikir pada gambar 2.



Gambar 2. Bagan Kerangka Berpikir

D. Pertanyaan Penelitian

Apakah modul DDTD yang dikembangkan layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran kelas X teknik audio video SMK Negeri 3 Yogyakarta?

BAB III

METODE PENELITIAN

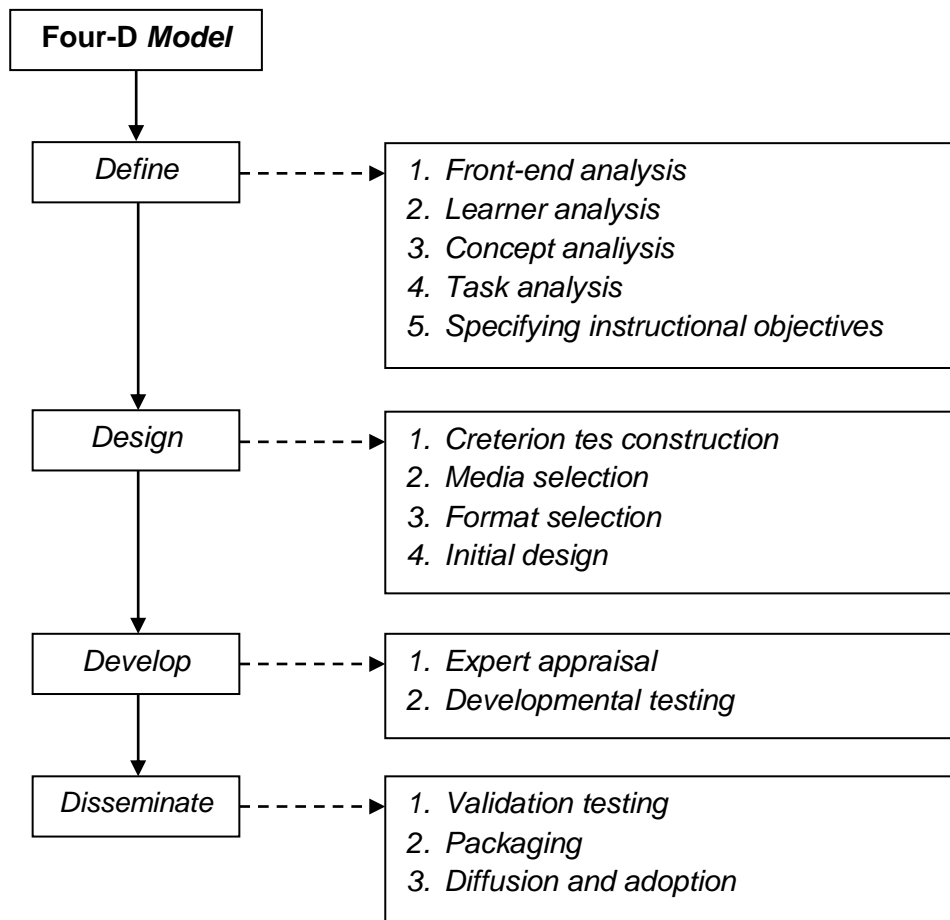
A. Model Pengembangan

Penelitian pengembangan modul teknik digital pada mata pelajaran dasar-dasar teknik digital merupakan jenis penelitian dan pengembangan (*Research and Development* atau R & D). “Metode penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut” (Sugiyono, 2011: 297).

Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah modifikasi dari *Four-D Model* oleh Thiagarajan dan Sammel (1974). Model ini terdiri dari 4 tahap pengembangan, yaitu *Define* (pendefinisian), *Design* (perencanaan), *Develop* (pengembangan), dan *Disseminate* (penyebarluasan). Modifikasi yang dilakukan dalam penelitian ini hanya menggunakan tiga tahap awal dari empat tahap yang dikemukakan oleh Thiagarajan dan Sammel.

B. Prosedur Pengembangan

Keempat tahapan dari Model Four-D menurut Thiagarajan dan Sammel secara umum dapat digambarkan dalam bagan pengembangan pada gambar 3.



Gambar 3. Bagan Penelitian Model Pengembangan Four-D

Pada penelitian ini, hanya menggunakan tiga tahapan awal dari empat tahapan Four-D. Penelitian ini dilakukan dari tahapan *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), dan *develop* (pengembangan). Tahapan *disseminate* (penyebaran) tidak dilakukan dalam penelitian ini.

1. **Define (Pendefinisian)**

Tujuan tahap ini adalah menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat pembelajaran. Pada tahap ini, peneliti menentukan batasan materi yang akan dikembangkan perangkatnya. Terdapat 5 pokok langkah dalam tahap

pendefinisian. Kelima langkah tersebut adalah *front-end analysis*, *learner analysis*, *concept analysis*, *task analysis*, dan *specifying instructional objectives*.

a. *Front-end analysis* (analisis awal-akhir)

Tahapan ini bertujuan untuk menentukan masalah dasar yang diperlukan dalam pengembangan produk. Pada tahap ini dilakukan observasi untuk memperoleh informasi yang terkait dengan pembelajaran elektronika di sekolah. Informasi yang diperoleh pada tahap ini yaitu tentang permasalahan yang timbul dalam pembelajaran dasar-dasar teknik digital. Dari masalah yang muncul tersebut kemudian dapat disusun rancangan solusi yang dianggap ideal berdasarkan telaah kurikulum dan teori-teori pembelajaran.

b. *Learner analysis* (analisis peserta didik)

Tahapan ini merupakan telaah tentang peserta didik yang sesuai dengan rancangan produk yang akan dikembangkan. Analisis ini meliputi kemampuan kognitif peserta didik, keterampilan proses, keterampilan sosial, kemampuan mengaitkan materi dengan kehidupan sehari-hari dan kemampuan bekerjasama.

c. *Concept analysis* (analisis konsep)

Tahapan ini dilakukan untuk mengidentifikasi materi pokok yang akan digunakan dalam pembuatan perangkat pembelajaran sehingga konsep pembelajaran lebih sistematis. Pada penelitian ini analisis konsep mengacu pada silabus yang digunakan sekolah.

d. *Task analysis* (analisis tugas)

Tahapan ini digunakan untuk menganalisis materi dan keterampilan utama yang akan dikembangkan dalam penyusunan perangkat pembelajaran. Analisis tugas dikomunikasikan dengan guru pengampu mata pelajaran.

e. *Specifying instructional objectives* (perumusan tujuan pembelajaran)

Penyusunan tujuan pembelajaran didasarkan pada analisis konsep dan analisis tugas. Dalam analisis konsep dan analisis tugas telah tercantum analisis kurikulum yang berisi kompetensi dasar yang akan digunakan sebagai acuan perumusan tujuan pembelajaran.

2. *Design* (Perancangan)

Tujuan tahapan ini adalah untuk menghasilkan *prototype* produk yang akan dikembangkan. Adapun langkah-langkah dalam tahap perancangan ini adalah *creterion test construction, media selection, format selection, dan initial design*.

a. *Creterion test construction* (penyusunan kriteria tes)

Tahapan ini menjembatani antara *define* dan *design*. Tahapan ini merubah tujuan-tujuan yang dirumuskan menjadi garis besar untuk materi pembelajaran.

b. *Media selection* (pemilihan media)

Kegiatan pemilihan media dilakukan untuk menentukan media yang tepat dalam penyajian materi pembelajaran. Proses pemilihan media disesuaikan dengan hasil analisis tugas, konsep, dan karakteristik siswa.

c. *Format selection* (pemilihan format)

Pemilihan format ini berkaitan tentang susunan materi dan tugas dari bab ke bab. Format untuk perangkat pembelajaran ditempuh dengan mengacu pada panduan yang dibuat oleh Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

d. *Initial design* (rancangan awal)

Tahapan ini bertujuan untuk menghasilkan rancangan awal atau *prototype* produk. Rancangan awal yang dimaksud adalah rancangan seluruh produk yang akan dikembangkan. Adapun rancangan awal perangkat pembelajaran yang akan dikembangkan pada tahap ini disebut dengan *draft I*.

3. Develop (Pengembangan)

Tahap pengembangan ini bertujuan untuk memperbaiki *prototype* produk dari perangkat pembelajaran yang dikembangkan. Walaupun garis besar produk telah dihasilkan pada tahap *design*, tahapan ini akan menentukan kelayakan produk akhir. Tahapan pengembangan terdiri dari dua langkah pokok yaitu *expert appraisal* dan *developmental testing*.

a. Expert appraisal (penilaian ahli)

Langkah ini bertujuan untuk mendapatkan masukan dan saran guna menyempurnakan modul. Beberapa *expert* akan diminta untuk mengevaluasi modul dari sisi materi, tampilan, karakteristik, dan manfaat. Berdasarkan masukan dan saran dari beberapa *expert* membuatnya lebih tepat, efektif, mudah digunakan, dan memiliki kualitas teknik yang tinggi.

b. Developmental testing (uji pengembangan)

Langkah dalam tahapan ini meliputi penggunaan produk secara langsung terhadap peserta didik yang sebenarnya. Langkah ini bertujuan untuk mengetahui respon dari peserta didik sehingga dapat mengetahui bagian dari produk yang masih perlu diperbaiki. Respon dan komentar peserta didik kemudian digunakan untuk memperbaiki modul agar lebih baik.

4. Disseminate (Penyebaran)

Proses diseminasi merupakan tahap akhir dari pengembangan sebuah produk. Tahap diseminasi dilakukan untuk mempromosikan produk agar bisa diterima pengguna, baik individu, suatu kelompok, atau sistem. Pada tahapan ini, produk yang dikembangkan akan disebar dengan skala yang lebih besar dengan melibatkan produsen dan distributor yang dipilih dan mampu bekerja

sama untuk mengemas materi dalam bentuk yang tepat. Proses diseminasi meliputi: uji keabsahan (*validation testing*), penentuan bentuk kemasan (*packaging*), serta penyebaran dan pemakaian (*diffusion and adoption*).

Sedangkan, pengembangan modul DDTD ini adalah pengembangan dalam lingkup satu sekolah. Sehingga tahap pengembangan modul cukup sampai pada tahap *Developmental testing* (uji pengembangan) pada peserta didik kelas X teknik audio video di SMK Negeri 3 Yogyakarta. Setelah tahap uji pengembangan pada peserta didik berhasil dilakukan, modul DDTD siap digunakan untuk proses pembelajaran peserta didik kelas X teknik audio video di SMK Negeri 3 Yogyakarta.

C. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMK Negeri 3 Yogyakarta.

2. Waktu Penelitian

Waktu penelitian 30 April 2014 sampai dengan 15 Juni 2014.

D. Subjek dan Objek Penelitian

1. Subjek Penelitian

Menurut Andi Prastowo (2012: 195) “subjek penelitian adalah informan. Informan adalah orang yang dimanfaatkan untuk memberikan informasi tentang situasi dan kondisi latar penelitian”. Melalui subjek penelitian ini peneliti memperoleh sejumlah informasi yang diperlukan sesuai tujuan penelitian. Subjek penelitian ini meliputi ahli materi, ahli media, guru mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital, dan peserta didik kelas X kompetensi keahlian Teknik Audio Video SMK N 3 Yogyakarta.

2. Objek Penelitian

Menurut Andi Prastowo (2012: 199) “objek penelitian adalah apa yang akan diselidiki dalam kegiatan penelitian”. Objek penelitian ini berupa modul teknik digital pada mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital.

E. Metode Pengumpulan Data

Ada tiga teknik pengumpulan data pada penelitian ini. Tiga teknik yang digunakan adalah metode observasi, wawancara, dan angket.

1. Observasi

Menurut Andi Prastowo (2012: 220) “observasi adalah teknik pengumpulan data melalui pengamatan terhadap objek pengamatan dengan langsung hidup bersama, merasakan, serta berada dalam aktivitas kehidupan objek pengamatan”. Kegiatan observasi dilaksanakan untuk mengetahui dan memperoleh data tentang kegiatan pembelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital dan ketersediaan modul pembelajaran di SMK N 3 Yogyakarta.

2. Wawancara

Menurut Andi Prastowo (2012: 220) “wawancara adalah proses memperoleh keterangan untuk tujuan penelitian dengan cara tanya jawab sambil bertatap muka antara pewawancara dan informan atau orang yang diwawancarai, dengan atau tanpa menggunakan pedoman wawancara”. Wawancara yang dilakukan oleh peneliti yaitu kepada guru mata pelajaran dan peserta didik. Hal ini untuk mengetahui keadaan pembelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital dan kebutuhan terhadap pengembangan modul Dasar-Dasar Teknik Digital.

3. Kuesioner (Angket)

Menurut Sugiyono (2011: 192) “kuesioner merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawabnya. Bentuk angket yang peneliti gunakan dalam penelitian ini adalah angket tertutup, dimana angket tersebut sudah disediakan jawaban. Responden diminta untuk memberi keterangan atau jawaban atas butir-butir pernyataan yang sesuai dengan keadaan sesungguhnya. Skala yang digunakan adalah skala likert dengan empat alternatif jawaban.

F. Instrumen Penelitian

Menurut Sugiyono (2011: 148) “instrumen penelitian adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur fenomena alam maupun sosial yang diamati”. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah angket, guna memperoleh informasi tentang kelayakan modul teknik digital pada mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah angket tertutup, yaitu angket yang telah dilengkapi dengan pilihan jawaban. Angket tertutup diajukan kepada dosen ahli materi, dosen ahli media, guru mata pelajaran, dan peserta didik kelas X Teknik Audio Video SMK N 3 Yogyakarta sebagai respondennya.

Skala yang digunakan adalah skala likert dengan empat alternatif jawaban yaitu sangat setuju, setuju, kurang setuju, tidak setuju. Skala Likert ada kalanya “menghilangkan” tengah-tengah kutub setuju dan tidak setuju. Responden dipaksa untuk “masuk” ke “blok” setuju atau tidak setuju (Tatang M. Amirin, 2010: 4). Skala tanpa jawaban alternatif netral ini dipilih untuk mengantisipasi ketidakjelasan terhadap status kelayakan modul yang telah dikembangkan.

Karena yang dicari dari perolehan data instrumen adalah data yang sifatnya jelas, yakni layak atau tidak layak. Pemberian skor tertinggi yaitu 4 dengan alternatif jawaban sangat setuju dan skor terendah yaitu 1 dengan alternatif tidak setuju.

Berikut ini adalah kisi-kisi instrumen untuk masing-masing responden.

1. Instrumen Kelayakan Modul untuk Ahli Materi

Instrumen untuk ahli materi berisikan kesesuaian modul dilihat dari kualitas materi. Indikator untuk ahli materi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Kisi-Kisi Instrumen untuk Ahli Materi

| No. | Aspek | Indikator | No. Butir |
|-----|-----------------|--|-----------|
| 1. | Kualitas materi | a. Relevansi materi dengan tujuan intruksional. | 1,2,3,4,5 |
| | | b. Tingkat kesulitan materi. | 6,7 |
| | | c. Dapat memotivasi peserta didik. | 8,9,10 |
| | | d. Dapat mengaktifkan peserta didik | 11,12 |
| | | e. Materi terorganisir secara sistematis dan berkesinambungan. | 13,14 |
| | | f. Materi bersifat faktual dan konseptual | 15,16,17 |

Dalam instrumen aspek kualitas materi, indikator relevansi materi memiliki urgensi paling tinggi, sehingga porsi butirnya lebih banyak dari yang lain.

2. Instrumen Kelayakan Modul untuk Ahli Media

Instrumen untuk ahli media berisikan kesesuaian modul dilihat dari aspek tampilan modul dan karakteristik modul.

Tabel 4. Kisi-Kisi Instrumen untuk Ahli Media

| No. | Aspek | Indikator | No. Butir |
|-----|---------------------|---|-----------|
| 1. | Tampilan modul | a. Konsistensi | 1,2 |
| | | b. Format | 3,4 |
| | | c. Organisasi | 5,6 |
| | | d. Daya tarik | 7,8,9,10 |
| | | e. Ukuran huruf | 11,12 |
| | | f. Ruang (spasi) kosong | 13, 14 |
| 2. | Karakteristik modul | a. <i>Self Instructional</i> | 15 – 22 |
| | | b. <i>Self Contained</i> | 23,24 |
| | | c. <i>Stand Alone</i> | 25,26 |
| | | d. Memiliki daya adaptif terhadap IPTEK | 27,28 |
| | | e. Bersahabat dengan penggunaanya | 29,30 |

Dalam instrumen aspek tampilan, indikator daya tarik memiliki urgensi paling tinggi, sehingga porsi butirnya lebih banyak dari yang lain. Begitu pula indikator *Self Instructional* dalam instrumen aspek karakteristik.

3. Instrumen Kelayakan Modul untuk Guru Mata Pelajaran

Instrumen untuk guru mata pelajaran berisikan kesesuaian modul dilihat dari aspek kualitas materi, karakteristik modul sebagai sumber belajar, dan manfaat modul. Indikator untuk guru mata pelajaran dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Kisi-Kisi Instrumen untuk Guru Mata Pelajaran

| No. | Aspek | Indikator | No. Butir |
|-----|---------------------|--|-------------|
| 1. | Kualitas materi | a. Relevansi materi dengan tujuan intruksional. | 1,2,3,4,5 |
| | | b. Tingkat kesulitan materi. | 6,7 |
| | | c. Dapat memotivasi peserta didik. | 8,9,10 |
| | | d. Dapat mengaktifkan peserta didik. | 11,12 |
| | | e. Materi terorganisir secara sistematis dan berkesinambungan. | 13,14 |
| | | f. Materi bersifat faktual dan konseptual | 15,16,17 |
| 2. | Tampilan modul | a. Konsistensi | 18,19 |
| | | b. Format | 20,21 |
| | | c. Organisasi | 22,23 |
| | | d. Daya tarik | 24,25,26,27 |
| | | e. Ukuran huruf | 28,29 |
| | | f. Ruang (spasi) kosong | 30,31 |
| 3. | Karakteristik modul | a. <i>Self Instructional</i> | 32-39 |
| | | b. <i>Self Contained</i> | 40,41 |
| | | c. <i>Stand Alone</i> | 42,43 |
| | | d. Memiliki daya adaptif terhadap IPTEK | 44,45 |
| | | e. Bersahabat dengan penggunaanya | 46,47 |
| 4. | Manfaat modul | a. Memperjelas dan mempermudah penyajian | 48,49 |
| | | b. Mengatasi keterbatasan ruang, waktu, dan daya indera. | 50,51 |
| | | c. Menimbulkan persepsi yang sama pada peserta didik. | 52,53 |
| | | d. Peserta didik mampu menguasai materi secara tuntas. | 54,55 |
| | | e. Memungkinkan peserta didik dapat mengukur hasil belajarnya. | 56,57 |

4. Instrumen Kelayakan Modul untuk Peserta Didik

Instrumen untuk peserta didik berisikan kesesuaian modul dilihat dari aspek daya tarik modul dan manfaat modul. Indikator untuk peserta didik dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Kisi-Kisi Instrumen untuk Peserta Didik

| No. | Aspek | Indikator | No. Butir |
|-----|---------------------|--|-----------|
| 1. | Tampilan Modul | a. Konsistensi | 1,2 |
| | | b. Format | 3,4 |
| | | c. Organisasi | 5,6 |
| | | d. Daya tarik | 7,8,9,10 |
| | | e. Ukuran huruf | 11,12 |
| | | f. Ruang (spasi) kosong | 13,14 |
| 2. | Karakteristik modul | a. <i>Self Instructional</i> | 15 - 22 |
| | | b. <i>Self Contained</i> | 23,24 |
| | | c. <i>Stand Alone</i> | 25,26 |
| | | d. Memiliki daya adaptif terhadap IPTEK | 27,28 |
| | | e. Bersahabat dengan penggunaanya | 29,30 |
| 3. | Manfaat modul | a. Memberikan motivasi kepada peserta didik. | 31,32 |
| | | b. Menambah wawasan dan pengetahuan kepada peserta didik. | 33, 34 |
| | | c. Menambah dan memperkaya referensi kepada peserta didik. | 35,36 |
| | | d. Mempermudah peserta didik dalam belajar | 37,38 |
| | | e. Peserta didik dapat mengukur dan mengevaluasi hasil belajarnya. | 39,40 |

G. Uji Instrumen

Uji instrumen dilakukan untuk mengetahui tingkat kesahihan/ validitas dan keandalan/ reliabilitas instrumen yang digunakan dalam penelitian. Suharsimi Arikunto (2010: 211) menyatakan bahwa “Instrumen yang baik harus memenuhi dua persyaratan penting yaitu valid dan reliabel”.

1. Validitas Instrumen

Menurut Suharsimi Arikunto (2010: 211) “Validitas adalah ukuran yang menunjukkan tingkat-tingkat kevalidan atau kesahihan suatu instrumen. Suatu instrumen yang valid atau sahih mempunyai validitas tinggi”. Suatu instrumen dikatakan valid apabila mampu mengukur apa yang seharusnya diukur.

Validitas instrumen dalam penelitian ini dilakukan dengan validitas internal, yaitu dilakukan dengan secara logis dan teoritis oleh dosen sebagai *expert*. Hasil validitas berupa instrumen yang siap digunakan untuk mengumpulkan data penelitian.

2. Reliabilitas Instrumen

Suatu instrumen dikatakan reliabel atau terpercaya jika instrumen tersebut memberikan hasil yang tetap walaupun dilakukan dalam beberapa kali dalam waktu yang berlainan. Pengujian reliabilitas menggunakan rumus *Alpha* menurut Suharsimi Arikunto (2010: 238) adalah:

$$r_{11} = \left(\frac{k}{k-1} \right) \times \left(1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_t^2} \right)$$

Keterangan:

- r_{11} = reliabilitas instrumen
- k = banyaknya butir pertanyaan
- $\sum \sigma_b^2$ = jumlah varians butir
- σ_t^2 = varians total

Hasil perhitungan r_{11} dengan menggunakan rumus diatas kemudian diinterpretasikan dengan tingkat keadaan koefesien:

Tabel 7. Interpretasi Tingkat Keadaan Koefesien

| Hasil perhitungan r_{11} | Tingkat keadaan koefesien |
|--------------------------------|---------------------------|
| $0,800 \leq r_{11} \leq 1,000$ | sangat tinggi |
| $0,600 \leq r_{11} \leq 0,799$ | tinggi |
| $0,400 \leq r_{11} \leq 0,599$ | cukup |
| $0,200 \leq r_{11} \leq 0,399$ | rendah |
| $0,000 \leq r_{11} \leq 0,199$ | sangat rendah |

H. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis deskriptif. Teknik analisis deskriptif digunakan dengan menggunakan statistik deskriptif. “Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi” (Sugiyono, 2011: 199).

1. Data Kualitatif

Data ini diperoleh dengan nilai katagori yang telah ditentukan 4 skala. Nilai kategori yang digunakan SS (sangat setuju), S (setuju), KS (kurang setuju), TS (tidak setuju).

2. Data Kuantitatif

Data kuantitatif diperoleh dari penjabaran data kualitatif yang diperoleh ke dalam kriteria skor penilaian tabel 8 :

Tabel 8. Kriteria Skor Penilaian

| Penilaian | Keterangan | Skor |
|-----------|---------------|------|
| SS | Sangat Setuju | 4 |
| S | Setuju | 3 |
| KS | Kurang Setuju | 2 |
| TS | Tidak Setuju | 1 |

Dalam penelitian ini didapat data kualitas modul teknik digital berdasarkan aspek kualitas materi, tampilan, daya tarik, manfaat, dan karakteristik. Langkah analisis data kualitas modul digital yang dilakukan yaitu:

a. Menghitung skor kelayakan modul

Skor kelayakan modul dihitung menggunakan ketentuan seperti tabel 8 :

Sangat Setuju = 4

Setuju = 3

Kurang Setuju = 2

Tidak Setuju = 1

b. Menghitung skor rata-rata dengan rumus berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

Keterangan:

\bar{X} = skor rata-rata

$\sum X$ = jumlah skor penilai

n = jumlah penilai

c. Mengubah skor rata-rata menjadi nilai kategori

Untuk mengetahui kualitas modul hasil pengembangan dan penilaian dari *expert* serta respons peserta didik, maka dari data yang mula-mula berupa skor, diubah menjadi data kualitatif (data interval) dengan skala empat. Adapun acuan pengubahan skor menjadi skala empat tersebut menurut Djemari Mardapi (2008: 123) pada tabel 9:

Tabel 9. Konversi Skor ke Kategori

| Interval Skor | Kategori |
|--------------------------------------|--------------------|
| $X \geq (\bar{X} + 1.SBx)$ | Sangat layak |
| $(\bar{X} + 1.SBx) > X \geq \bar{X}$ | Layak |
| $\bar{X} > X \geq (\bar{X} - 1.SBx)$ | Tidak layak |
| $X < (\bar{X} - 1.SBx)$ | Sangat tidak layak |

Keterangan:

X = skor yang diperoleh dari penelitian

\bar{X} adalah rerata skor keseluruhan

$\bar{X} = (\frac{1}{2})$ (skor maksimal ideal + skor minimal ideal)

SBx adalah simpangan baku skor keseluruhan, dengan koefisien 1 (satu).

$SBx = (\frac{1}{6})$ (skor maksimal ideal - skor minimal ideal)

Skor maksimal ideal = \sum butir kriteria x skor tertinggi

Skor minimal ideal = \sum butir kriteria x skor terendah

d. Menghitung persentase kelayakan modul

Persentase jumlah skor instrumen menurut Sugiyono (2011: 138) :

$$\text{Kelayakan \%} = \frac{\text{skor kenyataan}}{\text{skor diharapkan}} \times 100\%$$

Keterangan :

Nilai kenyataan = total skor dari instrumen yang telah diisi responden

Nilai diharapkan = total skor dari instrumen dengan asumsi setiap butir
dijawab sangat setuju (SS), skor 4

1) Persentase kelayakan oleh ahli materi

$$\text{Kelayakan \%} = \frac{\text{skor kenyataan}}{68} \times 100\%$$

2) Persentase kelayakan oleh ahli media

$$\text{Kelayakan \%} = \frac{\text{skor kenyataan}}{120} \times 100\%$$

3) Persentase kelayakan oleh guru mata pelajaran

$$\text{Kelayakan \%} = \frac{\text{skor kenyataan}}{228} \times 100\%$$

4) Persentase respon peserta didik

$$\text{Kelayakan \%} = \frac{\text{skor kenyataan}}{160} \times 100\%$$

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian yang telah dilakukan adalah penelitian pengembangan produk sesuai dengan tahapan pengembangan yang telah ditentukan. Kemudian dari penelitian ini dapat diketahui kelayakan modul yang telah dikembangkan, hingga modul siap digunakan.

Prosedur pengembangan modul menggunakan model pengembangan Four-D dari Thiagarajan dan Semmel (1974) yang dimodifikasi. Modifikasi yang dilakukan adalah dengan menggunakan tiga tahapan awal dari empat tahapan yang dikemukakan oleh Thiagarajan dan Semmel. Empat tahapan yang dimaksud yaitu; tahapan pendefinisian (*define*), tahapan perancangan (*design*), tahapan pengembangan (*develop*), dan tahapan penyebaran (*desseminate*). Sehingga, model yang digunakan peneliti menjadi *Three-D model*; *define*, *design*, dan *develop*. Berikut ini adalah penjabaran langkah-langkah yang dilakukan peneliti dalam mengembangkan modul teknik digital menggunakan *Three-D model*.

1. Define (Pendefinisian)

Tahapan ini dilakukan melalui lima langkah pokok, yaitu; *front-end analysis*, *learner analysis*, *concept analysis*, *task analysis*, dan *specifying instructional objectives*. Penjabaran dari masing-masing langkah pokok tersebut adalah sebagai berikut:

a. *Front-end analysis* (analisis awal-akhir)

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui informasi tentang kondisi dan fakta serta permasalahan-permasalahan yang terdapat dalam pembelajaran dasar-dasar teknik digital kelas X Teknik Audio Video SMK N 3 Yogyakarta. Peneliti melakukan observasi tentang pembelajaran dikelas serta wawancara dengan guru mata pelajaran dasar-dasar teknik digital. Dari hasil observasi yang dilakukan diperoleh beberapa permasalahan dalam pembelajaran dasar-dasar teknik digital, diantaranya:

- 1) Variasi sumber belajar yang digunakan belum maksimal.
- 2) Peserta didik mengalami kejenuhan dalam proses pembelajaran.
- 3) Kurangnya konsentrasi dan fokus peserta didik dalam pembelajaran.
- 4) Potensi dari peserta didik akan sulit muncul dan berkembang karena kurang fasilitas dari guru.
- 5) Media belajar yang digunakan dalam proses pembelajaran dasar-dasar teknik digital masih kurang.
- 6) Peserta didik tidak memiliki bahan ajar berbentuk buku referensi seperti diktat atau pun modul.
- 7) Banyak peserta didik yang mengalami kesulitan dalam memahami materi pelajaran.

Permasalahan yang diperoleh dari observasi dan wawancara ini kemudian dijadikan bahan acuan untuk memecahkan masalah tersebut. Salah satu pilihan untuk memecahkan masalah tersebut adalah dengan mengembangkan sebuah modul pembelajaran. Modul sendiri adalah sarana belajar yang disusun secara sistematis berdasarkan kurikulum tertentu agar peserta didik mampu belajar

mandiri dan mencapai tujuan yang telah dirumuskan. Modul yang akan dikembangkan adalah modul Dasar-Dasar Teknik Digital (DDTD).

b. *Learner analysis* (analisis peserta didik)

Peserta didik yang dimaksud disini adalah peserta didik kelas X Teknik Audio Video SMK N 3 Yogyakarta. Jumlah peserta didik sebanyak 64 dan dibagi mejadi dua kelas X AV1 dan X AV2.

Berdasarkan observasi pada saat pembelajaran di kelas, bahwa peserta didik di kedua kelas masih sangat awam terhadap teknik digital, dan belum mampu mengaitkan materi dengan kehidupan sehari-hari peserta didik. Sedangkan latar belakang peserta didik yang sangat beragam, diperlukan sebuah media yang mudah digunakan oleh setiap peserta didik. Sehingga perlu diadakan fasilitas yang mendukung proses belajar peserta didik berupa media berupa modul pembelajaran.

c. *Concept analysis* (analisis konsep)

Analisis konsep ini dengan mengidentifikasi dasar-dasar pokok yang akan disajikan pada modul yang dikembangkan, berpedoman pada kurikulum dan silabus mata pelajaran dasar-dasar teknik digital. Hasil analisis yang telah dilakukan peneliti diuraikan dalam bentuk tabel 10.

Tabel 10. Konsep Modul Sesuai Silabus

| Kompetensi Dasar | Indikator | Materi Pembelajaran |
|--|--|--|
| 1. Menjelaskan sistem bilangan | <ul style="list-style-type: none"> Dapat menjelaskan sistem bilangan biner, desimal, dan heksadesimal Dapat menjelaskan penjumlahan dan pengurangan pada berbagai sistem bilangan Dapat mengkonversikan dari berbagai sistem bilangan ke sistem bilangan lainnya Dapat menggambarkan dan menjelaskan tentang kode-kode bilangan | <ul style="list-style-type: none"> Analog dan Digital Sistem Bilangan Konversi Bilangan Aritmatika Bilangan Kode Bilangan |
| 2. Menjelaskan operasi gerbang-gerbang dasar | <ul style="list-style-type: none"> Dapat menjelaskan operasi berbagai gerbang dasar: OR, AND, NOR, NAND, NOT, EXOR dan EXNOR Dapat menunjukkan berbagai jenis IC TTL dan C-MOS yang berisi gerbang-gerbang dasar Dapat menjelaskan persamaan Aljabar Boole untuk berbagai gerbang dasar Dapat menjelaskan cara membuat Tabel Kebenaran (<i>Truth Table</i>) untuk berbagai gerbang dasar Dapat mendemonstrasikan operasi berbagai gerbang dasar | <ul style="list-style-type: none"> Gerbang Logika Teorema Boolean Gerbang Universal IC Gerbang |
| 3. Menjelaskan macam-macam Flip-Flop | <ul style="list-style-type: none"> Dapat menggambarkan rangkaian clock dan kegunaannya Dapat menerangkan fungsi flip-flop dan menyebutkan jenis-jenisnya Dapat menerangkan bagaimana cara kerja sebuah register Dapat menerangkan fungsi encoder dan decoder | <ul style="list-style-type: none"> Clock Flip-Flop Jenis-jenis Flip-Flop |
| 4. Menjelaskan macam-macam register | <ul style="list-style-type: none"> Menjelaskan macam-macam register dan dipergunakan | <ul style="list-style-type: none"> Register Transfer Data |
| 5. Menjelaskan macam-macam decoder dan enkoder | <ul style="list-style-type: none"> Dapat menjelaskan 10 line to BCD decoder dan dipergunakan Dapat menjelaskan BCD to 7 segment decoder dan dipergunakan | <ul style="list-style-type: none"> Decoder Encoder Multiplexer Demultiplexer |
| 6. Menjelaskan macam-macam counter | <ul style="list-style-type: none"> Dapat menjelaskan counter : Sinkron: Down counter, Up counter Asinkron: Down counter, Up counter Modulus counter | <ul style="list-style-type: none"> Counter Sinkron Counter Asinkron Merancang Counter |

d. Task analysis (analisis tugas)

Pada tahap ini materi dan keterampilan utama yang akan dikembangkan dalam penyusunan modul ditentukan. Hasil analisis tugas yang mengacu pada analisis konsep yang telah dilakukan adalah menghasilkan beberapa materi pokok yang akan disajikan dalam modul yang akan dikembangkan. Hasil analisis yang telah dilakukan peneliti adalah memisahkan materi materi menjadi beberapa bagian, yakni sebagai berikut:

1) Bab I. Pada bab ini dijelaskan konsep sistem bilangan. Materi yang disajikan dalam bab ini diantaranya; perbedaan analog dan digital, sistem bilangan, konversi bilangan, aritmatika bilangan, dan kode-kode bilangan .

2) Bab II. Pada bab ini dijelaskan konsep operasi logika. Materi yang disajikan dalam bab ini diantaranya; gerbang logika dasar, teorema boolean, gerbang *universal*, dan IC gerbang logika.

3) Bab III. Pada bab ini dijelaskan konsep *clock* dan *flip-flop*. Materi yang disajikan dalam bab ini yaitu tentang *clock* dan *flip-flop*.

4) Bab IV. Pada bab ini dijelaskan tentang prinsip *register* dan prinsip transfer data. Materi yang disajikan dalam bab ini diantaranya; *shift left register*, *shift right register*, *shift around register*, *serial input serial output*, *serial input parallel output*, *parallel input serial output*, dan *parallel input parallel output*.

5) Bab V. Dalam bab ini dijelaskan konsep *decoder* dan *encoder*. Materi yang disajikan dalam bab ini diantaranya; *decoder*, *encoder*, *multiplexer*, dan *demultiplexer*

6) Bab VI. Dalam bab ini dijelaskan tentang *counter* (pencacah). Materi yang disajikan dalam bab ini diantaranya; pengertian pencacah, pencacah sinkron, pencacah asinkron, dan merancang pencacah sesuai kebutuhan.

e. *Specifying instructional objectives* (perumusan tujuan pembelajaran)

Perumusan tujuan pembelajaran didasarkan pada analisis konsep dan analisis tugas. Rumusan tujuan pembelajaran yang ada pada modul yang akan dikembangkan adalah sebagai berikut:

1) Bab I

Melalui pembelajaran dengan modul, diharapkan peserta didik:

- a) Dapat membedakan gejala analog dan digital
- b) Dapat menjelaskan sistem bilangan desimal, biner, oktal dan heksadesimal
- c) Dapat menjelaskan penjumlahan dan pengurangan pada berbagai sistem bilangan
- d) Dapat mengonversikan dari berbagai sistem bilangan satu ke sistem bilangan lainnya
- e) Dapat menjelaskan kode-kode bilangan

2) Bab II

Melalui pembelajaran dengan modul, diharapkan peserta didik:

- a) Dapat menjelaskan operasi berbagai gerbang logika dasar
- b) Dapat menjelaskan Teorema Boolean
- c) Dapat menjelaskan berbagai jenis IC Gerbang IC TTL dan IC CMOS

3) Bab III

Melalui pembelajaran dengan modul, diharapkan peserta didik:

- a) Dapat menjelaskan fungsi flip-flop
- b) Dapat menjelaskan D Flip-Flop
- c) Dapat menjelaskan RS Flip-Flop
- d) Dapat menjelaskan JK Flip-Flop
- e) Dapat menjelaskan Master-Slave Flip-Flop

4) Bab IV

Melalui pembelajaran dengan modul, diharapkan peserta didik:

- a) Dapat menjelaskan Register
- b) Dapat menjelaskan macam-macam transfer data Register

5) Bab V

Melalui pembelajaran dengan modul, diharapkan peserta didik:

- a) Dapat menjelaskan macam-macam Decoder
- b) Dapat menjelaskan macam-macam Encoder
- c) Dapat menjelaskan macam-macam Multiplexer
- d) Dapat menjelaskan macam-macam Demultiplexer

6) Bab VI

Melalui pembelajaran dengan modul, diharapkan peserta didik:

- a) Dapat menjelaskan Counter Sinkron
- b) Dapat menjelaskan Counter Asinkron
- c) Dapat menjelaskan Up Counter
- d) Dapat menjelaskan Down Counter
- e) Dapat menjelaskan Modulus Counter
- f) Dapat merancang Counter

2. Design (Perancangan)

Pada tahapan ini, dari hasil proses pendefinisian, kemudian dirancang *prototype* produk yang akan dikembangkan. Adapun langkah-langkah dalam tahap perencanaan ini adalah *creterion tes construction*, *media selection*, *format selection*, dan *initial design*.

a. *Creterion tes construction* (penyusunan kriteria tes)

Pada tahapan ini, tujuan-tujuan yang sudah ditentukan kemudian dirumuskan menjadi garis besar untuk materi pembelajaran. Garis besar materi pembelajaran yang akan disajikan dalam modul sudah ada pada analisis tugas.

b. *Media selection* (pemilihan media)

Pemilihan media telah disesuaikan dengan hasil analsis tugas, konsep, dan karakteristik siswa. Pemilihan ini lebih menitikberatkan pada kebutuhan peserta didik yang berasal dari berbagai macam latar belakang. Sehingga peserta didik membutuhkan media yang mudah digunakan. Oleh karena itu, peneliti memilih media cetak sebagai media yang cocok untuk peserta didik.

c. *Format selection* (pemilihan format)

Setelah media ditentukan berupa media cetak, berikutnya adalah pemilihan format. Tahap ini ditempuh dengan mengacu pada panduan yang dibuat oleh Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Format modul yang dikembangkan oleh peneliti terlampir:

d. *Initial design* (rancangan awal)

Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan rancangan awal *prototype* produk yang akan dikembangkan. Rancangan awal yang dimaksud adalah rancangan seluruh produk yang akan dikembangkan. Perancangan awal dilakukan untuk menyiapkan produk yang akan dikembangkan. Tahap ini meliputi:

1) Penyusunan *draft I* modul teknik digital yang akan dikembangkan. *Draft I* ini berisi garis besar materi yang akan disajikan dalam modul. Peneliti menyusun *draft I* modul yang kemudian dimintakan peninjauan ulang kepada pembimbing guna mendapatkan kritik dan saran yang kemudian digunakan sebagai acuan untuk revisi pertama.

2) Penyusunan instrumen sebagai alat pengambil data. Instrumen yang disusun berupa lembar validasi oleh dosen ahli materi dan ahli media, lembar penilaian oleh guru mata pelajaran, serta lembar untuk respon peserta didik.

3. *Develop* (Pengembangan)

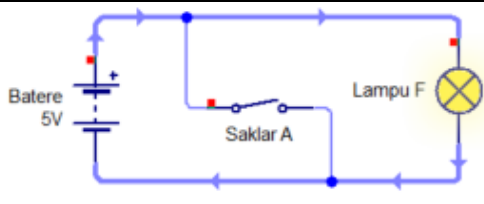
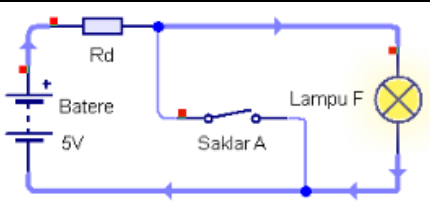
Tahap pengembangan ini bertujuan untuk mengembangkan *prototype* modul teknik digital hingga valid dan layak dipakai. Langkah-langkah yang ditempuh oleh peneliti dalam tahap ini adalah *expert appraisal* dan *developmental testing*.

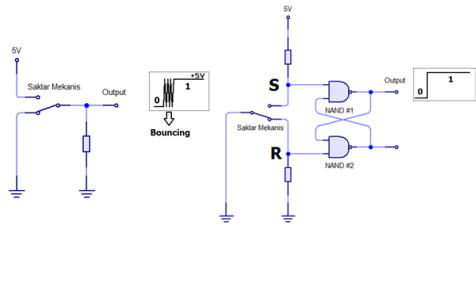
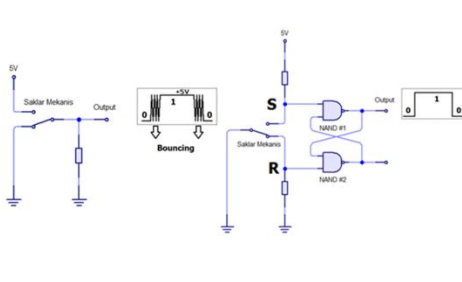
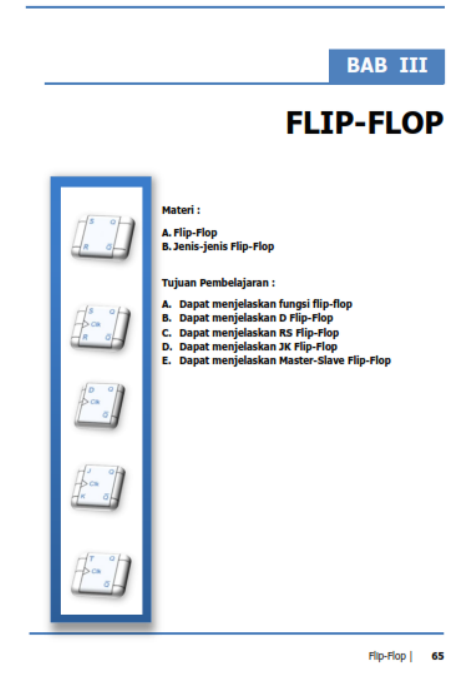
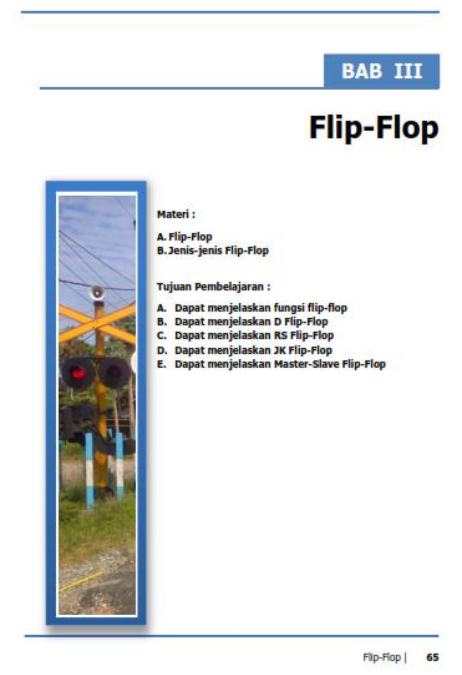
a. *Expert appraisal* (penilaian ahli)

Langkah ini bertujuan untuk mendapatkan masukan dan saran guna menyempurnakan materi pada modul dasar-dasar teknik digital. Beberapa *expert* yang akan diminta untuk mengevaluasi modul teknik digital yang dikembangkan adalah, ahli materi, ahli media, serta guru mata pelajaran.

1) Penilaian ahli materi. Dalam hal ini, ahli materi yang menilai adalah Drs. Achmad Fatchi, M.Pd. Penilaian oleh ahli materi dilakukan pertama kali, karena esensi sebuah modul adalah relevansi materi yang dikandungnya. Kemudian, dari penilaian ahli materi ini bertujuan untuk memperoleh saran dan kritik. Saran dan kritik tersebut dijadikan acuan dalam revisi pertama (*draft I*). Kritik dan saran yang diberikan oleh ahli materi disajikan dalam tabel 11.

Tabel 11. Revisi pertama dari Ahli Materi

| No | <i>Draft I</i> | Revisi <i>Draft I</i> |
|----|---|--|
| 1 |  |  |
| | Penambahan R depan (Rd) pada rangkaian listrik logika negasi (NOT, NAND, dan NOR). Berkaitan dengan bahaya <i>short circuit</i> . | |

| | | |
|---|--|---|
| 2 |  |  |
| Penambahan respon gelombang output saklar mekanis dan <i>Latch SR FF</i> dari 1 ke 0, dari hasil proses <i>debouncing</i> . | | |
| 3 |  |  |
| Memperbaiki tata penulisan, dan mengganti ilustrasi-ilustrasi yang lebih familiar dengan kehidupan sehari-hari peserta didik. | | |

2) Penilaian ahli media. Dalam hal ini, ahli media yang menilai modul adalah Drs. Suparman, M.Pd. Oleh ahli media, modul dari revisi *draft I* (menjadi *draft II*) dinyatakan sudah layak tanpa revisi.

3) Penilaian guru mata pelajaran. Guru yang menilai adalah Y.B. Sutarman, S.Pd. dan Dodot Yuliantoro, S.Pd., M.T. Penilaian dari Y.B. Sutarman, S.Pd. masih diperlukan revisi *draft II* (menjadi *draft III*), karena ditemukan beberapa

kata yang salah ketik. Kemudian dari penilaian dari Dodot Yuliantoro, S.Pd., M.T. menyatakan, modul *draft III* sudah layak tanpa revisi.

b. *Developmental testing* (uji pengembangan)

Draft modul yang telah disempurnakan hingga menjadi *draft III*, selanjutnya dilakukan tahap uji hasil pengembangan modul oleh peserta didik. Pengujian terbatas terhadap modul yang dikembangkan dilakukan di SMK N 3 Yogyakarta. Langkah ini digunakan untuk mengetahui respon peserta didik untuk memperbaiki modul agar lebih baik lagi. Pengujian terbatas dilakukan dengan melakukan pembelajaran di kelas. Kelas yang digunakan untuk pengujian adalah kelas X AV1 dan X AV2 dengan peserta didik masing-masing kelas 32 anak. Peserta didik memberikan penilaian serta kritik dan saran melalui angket respon peserta didik. Hasil rekapitulasi respon peserta didik terhadap modul teknik digital dapat dilihat pada tabel 20.

B. Pembahasan

Penelitian pengembangan ini untuk menghasilkan produk akhir berupa modul dasar-dasar teknik digital pada mata pelajaran dasar-dasar teknik digital. Data yang didapat dalam penelitian ini berupa data kelayakan modul yang dinilai oleh ahli materi dan ahli media, guru mata pelajaran serta respon peserta didik. Data tersebut kemudian akan dianalisis menggunakan analisis deskriptif.

Penilaian modul menggunakan instrumen yang sudah divalidasi oleh dosen sebagai *expert*. Kisi-kisi instrumen dan instrumen penilaian modul dapat dilihat pada lampiran instrumen. Berikut adalah data penilaian aspek kualitas materi, aspek tampilan modul, aspek karakteristik modul dan aspek manfaat modul dari ahli materi, ahli media, guru mata pelajaran, serta data dari respon peserta didik.

1. Penilaian Aspek Kualitas Materi

Tabel 12. Penilaian Aspek Kualitas Materi oleh Ahli Materi dan Guru

| No. | Indikator Penilaian | Skor Rata-rata Butir |
|------------------------------|---|----------------------|
| 1. | Relevansi materi modul dengan silabus mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital di SMK Negeri 3 Yogyakarta. | 3,33 |
| 2. | Relevansi materi modul terhadap kompetensi dasar. | 3,33 |
| 3. | Relevansi materi modul dengan indikator kompetensi dasar. | 3 |
| 4. | Relevansi materi dan tujuan pada modul. | 3,33 |
| 5. | Relevansi modul terhadap tujuan pembelajaran. | 4 |
| 6. | Tingkat kesulitan materi modul sesuai dengan taraf berfikir peserta didik. | 2, 67 |
| 7. | Kemudahan penggunaan saat kegiatan belajar | 3 |
| 8. | Modul membuat peserta didik tertarik untuk belajar. | 3, 67 |
| 9. | Modul yang disajikan tidak membosankan. | 3, 67 |
| 10. | Modul yang disajikan membuat peserta didik tertantang untuk mempelajari dari bab ke bab. | 3 |
| 11. | Modul membuat peserta didik aktif dalam belajar. | 3,33 |
| 12. | Modul dilengkapi latihan soal | 3,33 |
| 13. | Materi disajikan secara sistematis dari pengetahuan yang paling dasar hingga yang lebih kompleks | 3,33 |
| 14. | Materi dari bab ke bab disusun secara berkesinambungan | 3, 67 |
| 15. | Materi pada modul bersifat faktual | 3 |
| 16. | Materi pada modul mudah diingat. | 3 |
| 17. | Contoh-contoh yang diberikan dalam modul sesuai dengan pengalaman hidup sehari-hari peserta didik | 3 |
| Jumlah Skor Penilaian | | 55, 67 |

Hasil penilaian menunjukkan jumlah rata-rata skor penilaian oleh dosen ahli materi dan guru mata pelajaran sebesar 55,67. Skor ini kemudian akan dikonversikan menjadi kategori penilaian berdasarkan skala empat menurut Djemari Mardapi (2008).

Dari perolehan data tabel 12;

Diketahui :

Rerata aspek kualitas materi (\bar{X}) = 55,67

Butir kriteria aspek kualitas materi = 17

Skor tertinggi = 4

Skor terendah = 1

Maka :

Skor maksimal ideal = \sum butir kriteria x skor tertinggi = 17 x 4 = 68

Skor minimal ideal = \sum butir kriteria x skor terendah = 17 x 1 = 17

\bar{X} = $(\frac{1}{2})$ (skor maksimal ideal + skor minimal ideal) = 42,5

SBx = $(\frac{1}{6})$ (skor maksimal ideal - skor minimal ideal) = 8,5

(\bar{X} + 1.SBx) = 42,5 + 8,5 = 51

(\bar{X} - 1.SBx) = 42,5 - 8,5 = 34

Sehingga dapat dibuat tabel konversi skor ke kategori seperti pada tabel 13.

Tabel 13. Konversi Skor ke Kategori Aspek Kualitas Materi

| Interval Skor | | Kategori |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|
| $X \geq (\bar{X} + 1.SBx)$ | $X \geq 51$ | Sangat layak |
| $(\bar{X} + 1.SBx) > X \geq \bar{X}$ | $51 > X \geq 42,5$ | Layak |
| $\bar{X} > X \geq (\bar{X} - 1.SBx)$ | $42,5 > X \geq 34$ | Tidak layak |
| $X < (\bar{X} - 1.SBx)$ | $X < 34$ | Sangat tidak layak |

Rerata skor untuk aspek kualitas materi sebesar **55,67** berada pada rentang skor **$X \geq 51$** . Jadi, aspek kualitas materi untuk modul Dasar-Dasar Teknik Digital termasuk ke dalam kategori **sangat layak**.

2. Penilaian Aspek Tampilan Modul

Tabel 14. Penilaian Aspek Tampilan Modul oleh Ahli Media dan Guru

| No. | Indikator Penilaian | Skor Rata-rata Butir |
|-----|--|----------------------|
| 1. | Konsistensi tampilan modul dari halaman satu ke halaman yang lain. | 3, 67 |
| 2. | Konsistensi batas - batas pengetikan / margin. | 3, 67 |
| 3. | Penggunaan format kertas vertikal dan tampilan satu kolom. | 3 |
| 4. | Modul menggunakan tanda-tanda (Icon) yang mudah dipahami. | 3, 33 |
| 5. | Penulisan pada modul dilengkapi dengan penggunaan kotak untuk memisahkan teks. | 3 |

Lanjutan tabel 14.

| No. | Indikator Penilaian | Skor Rata-rata Butir |
|------------------------------|--|----------------------|
| 6. | Modul menggunakan alur yang runtut dimulai dari judul, sub judul, materi, rangkuman, tugas, evaluasi, dan kunci jawaban. | 3, 67 |
| 7. | Modul menggunakan kombinasi warna yang menarik. | 3, 67 |
| 8. | Tulisan pada modul menggunakan cetak miring untuk istilah asing. | 3, 33 |
| 9. | Tulisan pada modul menggunakan cetak tebal/warna untuk menekankan hal-hal yang penting. | 4 |
| 10. | Materi pada modul menggunakan gambar yang sesuai untuk mempermudah peserta didik dalam memahami materi. | 3,33 |
| 11. | Tulisan pada modul menggunakan ukuran huruf yang konsisten. | 3,33 |
| 12. | Tulisan pada modul menggunakan bentuk huruf yang mudah dibaca. | 3, 67 |
| 13. | Modul menggunakan ruang kosong sekitar judul dan sub judul. | 3 |
| 14. | Modul menggunakan spasi (ruang) kosong untuk memberikan pembaca beristirahat. | 3,33 |
| Jumlah Skor Penilaian | | 48 |

Dari perolehan data tabel 14;

Diketahui :

Rerata aspek tampilan modul (X) = 48

Butir kriteria aspek tampilan modul = 14

Skor tertinggi = 4

Skor terendah = 1

Maka :

Skor maksimal ideal = \sum butir kriteria x skor tertinggi = $14 \times 4 = 56$

Skor minimal ideal = \sum butir kriteria x skor terendah = $14 \times 1 = 14$

\bar{X} = $(\frac{1}{2})$ (skor maksimal ideal + skor minimal ideal) = 35

SBx = $(\frac{1}{6})$ (skor maksimal ideal - skor minimal ideal) = 7

$(\bar{X} + 1.SBx)$ = $35 + 7 = 42$

$(\bar{X} - 1.SBx)$ = $35 - 7 = 28$

Sehingga dapat dibuat tabel konversi skor ke kategori seperti pada tabel 15

Tabel 15. Konversi Skor ke Kategori Aspek Tampilan Modul

| Interval Skor | | Kategori |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|
| $X \geq (\bar{X} + 1.SBx)$ | $X \geq 42$ | Sangat layak |
| $(\bar{X} + 1.SBx) > X \geq \bar{X}$ | $42 > X \geq 35$ | Layak |
| $\bar{X} > X \geq (\bar{X} - 1.SBx)$ | $35 > X \geq 28$ | Tidak layak |
| $X < (\bar{X} - 1.SBx)$ | $X < 28$ | Sangat tidak layak |

Rerata skor untuk aspek tampilan modul sebesar **48** berada pada rentang skor $X \geq 42$. Jadi, aspek tampilan modul untuk modul Dasar-Dasar Teknik Digital termasuk ke dalam kategori **sangat layak**.

3. Penilaian Aspek Karakteristik Modul

Tabel 16. Penilaian Aspek Karakteristik Modul oleh Ahli Media dan Guru

| No. | Indikator Penilaian | Skor Rata-rata Butir |
|------------------------------|--|----------------------|
| 1. | Modul dilengkapi dengan tujuan pembelajaran. | 3,67 |
| 2. | Materi yang ada pada modul dapat dipelajari secara tuntas. | 3 |
| 3. | Di dalam modul terdapat contoh untuk menunjang kejelasan materi. | 3 |
| 4. | Modul dilengkapi dengan soal latihan dan tugas. | 3,67 |
| 5. | Modul menggunakan bahasa yang mudah dipahami dan komunikatif. | 3,33 |
| 6. | Di dalam modul terdapat rangkuman materi pembelajaran. | 3,67 |
| 7. | Modul dilengkapi instrumen penilaian untuk peserta didik melakukan penilaian sendiri. | 3,33 |
| 8. | Modul dilengkapi dengan umpan balik atas penilaian peserta didik. | 3,33 |
| 9. | Materi dalam modul terdiri dari sub-sub kompetensi. | 3,33 |
| 10. | Materi pembelajaran dari satu unit kompetensi yang dipelajari peserta didik terdapat di dalam modul. | 3,33 |
| 11. | Modul mencakup materi dan tugas yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik. | 3 |
| 12. | Dalam mempelajari modul peserta didik tidak tergantung dengan media lain. | 3 |
| 13. | Materi yang ada pada modul sesuai dengan perkembangan teknologi. | 3,33 |
| 14. | Modul dapat digunakan sampai kurun waktu tertentu / lebih dari satu kali. | 3 |
| 15. | Modul tidak mempersulit belajar peserta didik. | 3 |
| 16. | Modul mudah digunakan oleh peserta didik. | 3,33 |
| Jumlah Skor Penilaian | | 52,33 |

Dari perolehan data tabel 16;

Diketahui :

Rerata aspek karakteristik modul (\bar{X}) = 52,33

Butir kriteria aspek karakteristik modul = 16

Skor tertinggi = 4

Skor terendah = 1

Maka :

Skor maksimal ideal = \sum butir kriteria x skor tertinggi = $16 \times 4 = 64$

Skor minimal ideal = \sum butir kriteria x skor terendah = $16 \times 1 = 16$

$\bar{X} = (\frac{1}{2})$ (skor maksimal ideal + skor minimal ideal) = 40

SBx = $(\frac{1}{6})$ (skor maksimal ideal - skor minimal ideal) = 8

$(\bar{X} + 1.SBx) = 40 + 8 = 48$

$(\bar{X} - 1.SBx) = 40 - 8 = 32$

Sehingga dapat dibuat tabel konversi skor ke kategori seperti pada tabel 17.

Tabel 17. Konversi Skor ke Kategori Aspek Karakteristik Modul

| Interval Skor | | Kategori |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|
| $X \geq (\bar{X} + 1.SBx)$ | $X \geq 48$ | Sangat layak |
| $(\bar{X} + 1.SBx) > X \geq \bar{X}$ | $48 > X \geq 40$ | Layak |
| $\bar{X} > X \geq (\bar{X} - 1.SBx)$ | $40 > X \geq 32$ | Tidak layak |
| $X < (\bar{X} - 1.SBx)$ | $X < 32$ | Sangat tidak layak |

Rerata skor untuk aspek karakteristik modul sebesar **52,33** berada pada rentang skor **$X \geq 48$** . Jadi, aspek karakteristik modul untuk modul Dasar-Dasar Teknik Digital termasuk ke dalam kategori **sangat layak**.

4. Penilaian Aspek Manfaat Modul

Tabel 18. Penilaian Aspek Manfaat Modul oleh Guru

| No. | Indikator Penilaian | Skor Rata-rata Butir |
|-----|---|----------------------|
| 1. | Modul mampu membantu pendidik dalam penyampaian materi. | 4 |
| 2. | Peserta didik lebih mudah menerima materi pelajaran. | 3 |
| 3. | Modul membantu mengatasi keterbatasan indera pada proses belajar peserta didik. | 3,5 |
| 4. | Modul membantu proses belajar peserta didik di luar sekolah. | 4 |

Lanjutan tabel 18.

| No. | Indikator Penilaian | Skor Rata-rata Butir |
|------------------------------|---|----------------------|
| 5. | Modul mampu menimbulkan persepsi materi yang sama pada peserta didik. | 3,5 |
| 6. | Modul mampu menyamakan pemahaman peserta didik. | 3,5 |
| 7. | Materi yang disajikan runtut dari awal hingga akhir, sehingga kegiatan belajar peserta didik terarah dengan baik. | 3 |
| 8. | Peserta didik bisa menguasai materi secara tuntas. | 3,5 |
| 9. | Dengan modul peserta didik bisa mengulang-ulang materi yang telah dipelajari. | 3,5 |
| 10. | Peserta didik mampu mengukur hasil belajarnya sendiri. | 3,5 |
| Jumlah Skor Penilaian | | 35 |

Dari perolehan data tabel 18;

Diketahui :

Rerata aspek manfaat modul (X) = 35

Butir kriteria aspek kualitas materi = 10

Skor tertinggi = 4

Skor terendah = 1

Maka :

Skor maksimal ideal = \sum butir kriteria x skor tertinggi = $10 \times 4 = 40$

Skor minimal ideal = \sum butir kriteria x skor terendah = $10 \times 1 = 10$

$\bar{X} = (\frac{1}{2})$ (skor maksimal ideal + skor minimal ideal) = 25

$SBx = (\frac{1}{6})$ (skor maksimal ideal - skor minimal ideal) = 5

$(\bar{X} + 1.SBx) = 25 + 5 = 30$

$(\bar{X} - 1.SBx) = 25 - 5 = 20$

Sehingga dapat dibuat tabel konversi skor ke kategori seperti pada tabel 19.

Tabel 19. Konversi Skor ke Kategori Aspek Manfaat Modul

| Interval Skor | | Kategori |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|
| $X \geq (\bar{X} + 1.SBx)$ | $X \geq 30$ | Sangat layak |
| $(\bar{X} + 1.SBx) > X \geq \bar{X}$ | $30 > X \geq 25$ | Layak |
| $\bar{X} > X \geq (\bar{X} - 1.SBx)$ | $25 > X \geq 20$ | Tidak layak |
| $X < (\bar{X} - 1.SBx)$ | $X < 20$ | Sangat tidak layak |

Rerata skor untuk aspek manfaat modul sebesar **35** berada pada rentang skor **$X \geq 30$** . Jadi, aspek manfaat modul untuk modul Dasar-Dasar Teknik Digital termasuk ke dalam kategori **sangat layak**.

5. Respon Peserta Didik

Tabel 20. Respon Peserta Didik

| No. | Indikator Penilaian | Rata-rata Butir | |
|-----|--|-----------------|--------|
| | | X AV 1 | X AV 2 |
| 1. | Tata letak tampilan modul konsisten dari halaman satu ke halaman yang lain. | 3,06 | 3,44 |
| 2. | Modul menggunakan batas - batas pengetikan / margin yang konsisten. | 3,19 | 3,28 |
| 3. | Modul menggunakan format kertas vertikal dan menggunakan tampilan satu kolom. | 3,13 | 3,16 |
| 4. | Modul menggunakan tanda-tanda (<i>Icon</i>) yang mudah dipahami. | 3,22 | 3,56 |
| 5. | Penulisan pada modul dilengkapi dengan penggunaan kotak untuk memisahkan teks. | 3,13 | 3,50 |
| 6. | Modul menggunakan alur yang runtut dimulai dari judul, sub judul, materi, rangkuman, tugas, evaluasi, dan kunci jawaban. | 3,41 | 3,78 |
| 7. | Modul menggunakan kombinasi warna yang menarik. | 3,41 | 3,84 |
| 8. | Tulisan pada modul menggunakan cetak miring untuk istilah asing. | 3,50 | 3,56 |
| 9. | Tulisan pada modul menggunakan cetak tebal/warna untuk menekankan hal-hal yang penting. | 3,50 | 3,56 |
| 10. | Materi pada modul menggunakan gambar yang sesuai untuk mempermudah peserta didik dalam memahami materi. | 3,41 | 3,44 |
| 11. | Tulisan pada modul menggunakan ukuran huruf yang konsisten. | 3,22 | 3,50 |
| 12. | Tulisan pada modul menggunakan bentuk huruf yang mudah dibaca. | 3,53 | 3,50 |
| 13. | Modul menggunakan ruang kosong sekitar judul dan sub judul. | 3,13 | 3,22 |
| 14. | Modul menggunakan spasi (ruang) kosong untuk memberikan pembaca beristirahat. | 3,22 | 3,16 |
| 15. | Modul dilengkapi dengan tujuan pembelajaran. | 3,47 | 3,78 |
| 16. | Materi yang ada pada modul dapat dipelajari secara tuntas. | 3,19 | 3,22 |
| 17. | Di dalam modul terdapat contoh untuk menunjang kejelasan materi. | 3,47 | 3,50 |
| 18. | Modul dilengkapi dengan soal latihan dan tugas. | 3,38 | 3,84 |
| 19. | Modul menggunakan bahasa yang mudah dipahami dan komunikatif. | 3,28 | 3,28 |
| 20. | Di dalam modul terdapat rangkuman materi pembelajaran. | 3,41 | 3,44 |
| 21. | Modul dilengkapi instrumen penilaian untuk peserta didik melakukan penilaian sendiri. | 3,22 | 3,16 |
| 22. | Modul dilengkapi dengan umpan balik atas penilaian peserta didik. | 3,19 | 3,22 |
| 23. | Materi dalam modul terdiri dari sub-sub kompetensi. | 3,19 | 3,28 |

Lanjutan tabel 20.

| No. | Indikator Penilaian | Rata-rata Butir | |
|-------------------------|--|-----------------|---------------|
| | | X AV 1 | X AV 2 |
| 24. | Materi pembelajaran dari satu unit kompetensi yang dipelajari peserta didik terdapat di dalam modul. | 3,22 | 3,44 |
| 25. | Modul mencakup materi dan tugas yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik. | 3,28 | 3,44 |
| 26. | Dalam mempelajari modul peserta didik tidak tergantung dengan media lain. | 2,72 | 3,00 |
| 27. | Materi yang ada pada modul sesuai dengan perkembangan teknologi. | 3,22 | 3,28 |
| 28. | Modul dapat digunakan sampai kurun waktu tertentu / lebih dari satu kali. | 3,38 | 3,56 |
| 29. | Modul tidak mempersulit belajar peserta didik. | 3,13 | 3,22 |
| 30. | Modul mudah digunakan oleh peserta didik. | 3,28 | 3,28 |
| 31. | Materi modul yang disajikan membuat peserta didik tertarik untuk belajar. | 3,28 | 3,66 |
| 32. | Materi modul disajikan sesuai dengan pengalaman hidup sehari-hari peserta didik. | 3,03 | 3,34 |
| 33. | Modul mampu menambah wawasan peserta didik. | 3,53 | 3,56 |
| 34. | Modul mampu menambah pengetahuan peserta didik. | 3,69 | 3,72 |
| 35. | Modul mengurangi ketergantungan belajar peserta didik terhadap pendidik/ guru. | 2,66 | 3,13 |
| 36. | Modul bisa menjadi tambahan sumber belajar peserta didik . | 3,38 | 3,72 |
| 37. | Peserta didik lebih mudah menerima materi pelajaran. | 3,22 | 3,56 |
| 38. | Modul membantu proses belajar peserta didik di luar sekolah. | 3,41 | 3,44 |
| 39. | Peserta didik bisa mengulangi materi yang telah dipelajari. | 3,22 | 3,28 |
| 40. | Peserta didik mampu mengukur hasil belajarnya sendiri. | 3,03 | 3,28 |
| Jumlah Penilaian | | 130,47 | 137,13 |

Dari perolehan data tabel 20;

Diketahui :

Rerata respon peserta didik X AV1 (X_{AV1}) = 130,47

Rerata respon peserta didik X AV2 (X_{AV2}) = 137,13

Butir respon peserta didik = 40

Skor tertinggi = 4

Skor terendah = 1

Maka :

Skor maksimal ideal = \sum butir kriteria x skor tertinggi = 40 x 4 = 160

Skor minimal ideal = \sum butir kriteria x skor terendah = 40 x 1 = 40

$$\begin{aligned}\bar{X} &= (\frac{1}{2}) (\text{skor maksimal ideal} + \text{skor minimal ideal}) = 100 \\ SBx &= (\frac{1}{6}) (\text{skor maksimal ideal} - \text{skor minimal ideal}) = 20 \\ (\bar{X} + 1.SBx) &= 100 + 20 = 120 \\ (\bar{X} - 1.SBx) &= 100 - 20 = 80\end{aligned}$$

Sehingga dapat dibuat tabel konversi skor ke kategori seperti pada tabel 21.

Tabel 21. Konversi Skor ke Kategori Respon Peserta Didik

| Interval Skor | | Kategori |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|
| $X \geq (\bar{X} + 1.SBx)$ | $X \geq 120$ | Sangat layak |
| $(\bar{X} + 1.SBx) > X \geq \bar{X}$ | $120 > X \geq 100$ | Layak |
| $\bar{X} > X \geq (\bar{X} - 1.SBx)$ | $100 > X \geq 80$ | Tidak layak |
| $X < (\bar{X} - 1.SBx)$ | $X < 80$ | Sangat tidak layak |

Rerata skor untuk respon peserta didik kelas X AV1 sebesar **130,47** dan kelas X AV2 sebesar **137,13**; keduanya berada pada rentang skor **$X \geq 120$** . Jadi, respon peserta didik terhadap modul Dasar-Dasar Teknik Digital termasuk ke dalam kategori **sangat layak**.

C. Persentase Kelayakan

Persentase jumlah skor instrumen menurut Sugiyono (2011: 138) :

$$\text{Kelayakan \%} = \frac{\text{skor kenyataan}}{\text{skor diharapkan}} \times 100\%$$

Keterangan :

Nilai kenyataan = total skor dari instrumen yang telah diisi responden

Nilai diharapkan = total skor dari instrumen dengan asumsi setiap butir dijawab sangat setuju (SS), skor 4.

Dengan kriteria :

$0\% < \text{Kelayakan\%} \leq 25\%$ tidak layak

$25\% < \text{Kelayakan\%} \leq 50\%$ kurang layak

$50\% < \text{Kelayakan\%} \leq 75\%$ layak

$75\% < \text{Kelayakan\%} \leq 100\%$ sangat layak

1. Persentase Kelayakan oleh Ahli Materi

$$\begin{aligned}\text{Kelayakan \%} &= \frac{\text{skor kenyataan}}{68} \times 100\% \\ &= \frac{54}{68} \times 100\% \\ &= 79,41 \%\end{aligned}$$

2. Persentase Kelayakan oleh Ahli Media

$$\begin{aligned}\text{Kelayakan \%} &= \frac{\text{skor kenyataan}}{120} \times 100\% \\ &= \frac{97}{120} \times 100\% \\ &= 80,83 \%\end{aligned}$$

3. Persentase Kelayakan oleh Guru Mata Pelajaran

$$\text{Kelayakan \%} = \frac{\text{skor kenyataan}}{228} \times 100\%$$

Guru I

$$\begin{aligned}\text{Kelayakan \%} &= \frac{190}{228} \times 100\% \\ &= 83,33 \%\end{aligned}$$

Guru II

$$\begin{aligned}\text{Kelayakan \%} &= \frac{197}{228} \times 100\% \\ &= 86,40 \%\end{aligned}$$

Rerata persentase oleh Guru I dan Guru II = 84,87%

4. Persentase Respon Peserta Didik

$$\text{Kelayakan \%} = \frac{\text{rata-rata skor kenyataan}}{160} \times 100\%$$

X AV1

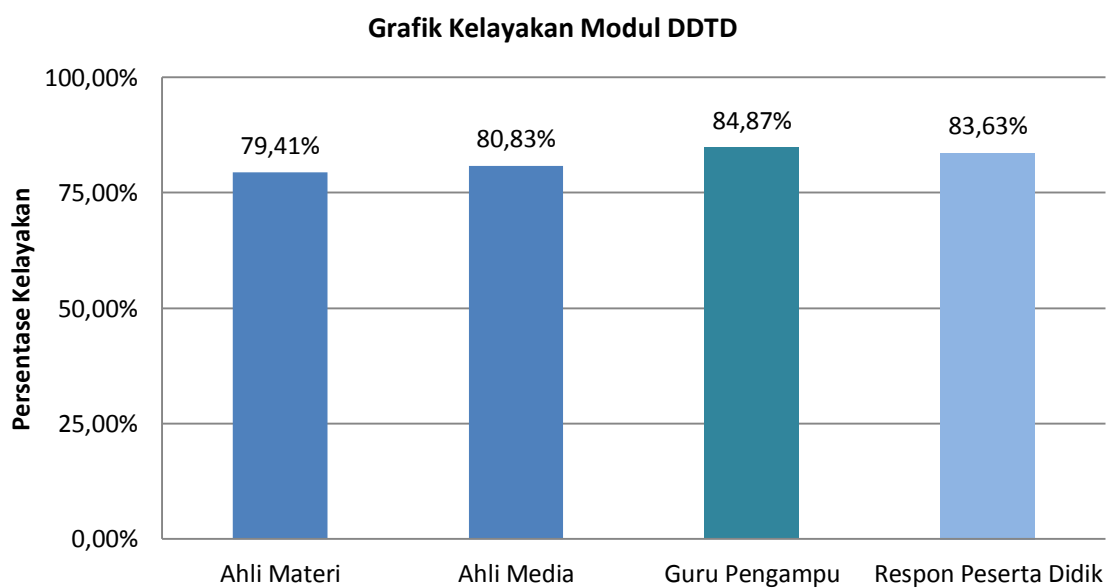
$$\begin{aligned}\text{Kelayakan \%} &= \frac{130,47}{160} \times 100\% \\ &= 81,54 \%\end{aligned}$$

X AV2

$$\begin{aligned}\text{Kelayakan \%} &= \frac{137,13}{160} \times 100\% \\ &= 85,71 \%\end{aligned}$$

Rerata persentase oleh X AV1 dan X AV2 = 83,63%

Grafik persentase kelayakan dari data yang bisa dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Persentase Kelayakan Modul DDTD

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan penelitian pengembangan yang telah dilakukan dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil kesimpulan :

1. Pengembangan modul Dasar-Dasar Teknik Digital untuk kelas X teknik audio video melalui beberapa tahap, diantaranya: menentukan kebutuhan materi yang dimuat dalam modul, merancang modul dalam bentuk draf awal, dan mengembangkan modul yang telah disusun dengan pertimbangan para ahli. Tahapan-tahapan tersebut mengacu pada model pengembangan Four-D oleh Thiagarajan dan Semmel yaitu *define, design, develop, disseminate* dengan modifikasi, tanpa menyertakan tahap *disseminate*.
2. Hasil penilaian tingkat kelayakan modul yang dilakukan oleh ahli materi memperoleh tingkat kelayakan 79,41%, dengan kategori sangat layak. Sedangkan oleh ahli media memperoleh tingkat kelayakan 80,83% dengan kategori sangat layak. Penilaian tingkat kelayakan oleh guru pengampu mata pelajaran 84,87%, dengan kategori sangat layak. Sedangkan respon terhadap tampilan modul oleh peserta didik kelas X AV1 dan X AV2 di SMK Negeri 3 Yogyakarta, sebesar 83,63% dengan kategori sangat layak. Sehingga hal ini menunjukkan bahwa modul Dasar-Dasar Teknik Digital layak dan sesuai untuk digunakan sebagai media pembelajaran peserta didik di SMK Negeri 3 Yogyakarta.

B. Keterbatasan Penelitian

Keterbatasan penelitian yang dialami peneliti dalam melakukan pengembangan modul Dasar-Dasar Teknik Digital antara lain:

1. Muatan materi masih perlu dikembangkan lebih lanjut.
2. Belum dilakukan tahap penyebaran yang lebih luas (*disseminate*).
3. Belum dilakukan uji efektifitas penggunaan modul.

C. Saran

Berdasarkan keterbatasan penelitian yang dialami, peneliti dapat memberikan saran antara lain untuk penelitian berikutnya untuk:

1. Mengembangkan muatan materi dengan memperhatikan kurikulum yang telah disesuaikan.
2. Melakukan tahap penyebaran yang lebih luas (*disseminate*), agar modul lebih bermanfaat tidak hanya pada satu lingkup sekolah saja.
3. Melakukan uji efektifitas penggunaan modul, sehingga diketahui bagian modul yang harus diperbaiki guna menunjang efektifitas kegiatan belajar peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi Prastowo. 2012. Metode Penelitian Kualitatif dalam Prespektif Rancangan Penelitian. Yogyakarta: Ar-Ruzz Media.
- Arif S. Sadiman. 2003. Media Pendidikan. Pengertian, Pengembangan, dan Pemanfaatannya. Jakarta: PT. Raja Grafindo.
- Azhar Arsyad. 2004. Media Pembelajaran. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Departemen Pendidikan Nasional. 2008. Teknik Penyusunan Modul. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Djemari Mardapi. 2008. Teknik Penyusunan Instrumen Tes dan Non Tes. Yogyakarta: Mitra Cendikia
- E. Mulyasa. 2006. Kurikulum Berbasis Kompetensi. Konsep, Karakteristik, Implementasi Dan Inovasi. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- R. Ibrahim dan Nana Syaodih. S. 2003. Perencanaan Pembelajaran. Jakarta: PT Asdi Mahasatya.
- Nurma Yunita Indriyanti & Susilowati, Endang . (2010). Teori Pengembangan Modul, *Diklat Pelatihan Pembuatan e-module*. Surakarta: UNS.
- S Nasution. 2003. Berbagai Pendekatan dalam Proses Belajar & Mengajar. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Nusa Putra. 2012. *Research & Development* Penelitian dan Pengembangan: Suatu Pengantar. Jakarta: Rajawali Pers.
- Purwanto, dkk. 2007. Pengembangan Modul. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Sugiyono. 2011. Metode Penelitian Kombinasi. Bandung: Alfabeta.
- Suharsimi Arikunto. 2010. Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik. Jakarta: Rineka Cipta.
- Daryanto. 2013. Pengembangan Bahan Ajar Modul. Diakses dari <http://www.vedcmalang.com/pppptkboemlg/index.php/menuutama/edukasi/605-modul>. Pada tanggal 24 Desember 2014, pukul 01.50 WIB.
- Made Wena. 2009. Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer. Jakarta: Bumi Aksara

Undang-Undang Republik Indonesia No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional. Kemetrian Dalam Negeri. Diakses dari <http://www.kemendagri.go.id/media/documents/2013>. Pada tanggal 24 Desember 2014, pukul 01.50 WIB.

Thiagarajan, Sivasilam, Semmel, Dorothy S., Semmel Melvyn I. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Bloomington, Indiana: Indiana University.

Winkel, W.S. 2005. Psikologi Pengajaran. Yogyakarta: Media Abadi.

LAMPIRAN 1

Format Modul

Kata Pengantar

Daftar Isi

Petunjuk Penggunaan Modul

Kompetensi Dasar

Tujuan Akhir

BAB I Sistem Bilangan

- A. Analog dan Digital
- B. Sistem Bilangan
- C. Konversi Bilangan
- D. Aritmatika Bilangan
- E. Kode Bilangan

Rangkuman

Evaluasi

BAB II Operasi Logika

- A. Gerbang Logika
- B. Teorema Boolean
- C. IC Gerbang Logika

Rangkuman

Evaluasi

BAB III Clock dan Flip Flop

- A. Clock
- B. Flip Flop

Rangkuman

Evaluasi

BAB IV Register

A. Register

B. Transfer Data

Rangkuman

Evaluasi

BAB V Decoder dan Encoder

A. Decoder

B. Encoder

C. Multiplexer

D. Demultiplexer

Rangkuman

Evaluasi

BAB VI Counter

A. Counter Sinkron

B. Counter Asinkron

C. Merancang Counter

Rangkuman

Evaluasi

Evaluasi

Kunci Jawaban

Glosarium

Daftar Pustaka

LAMPIRAN 2

Modul Dasar-Dasar Teknik Digital
(DDTD)

**MODUL
DASAR-DASAR TEKNIK DIGITAL**

DDTD

Kelas

X

**Teknik
Audio Video**

**Sekolah Menengah Kejuruan
Program Studi Keahlian Teknik Elektronika**



**Disusun oleh : M.F. Husain
Pembimbing : Y.B. Sutarman, S.Pd.**



Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang telah memberi kelancaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan Modul Dasar-Dasar Teknik Digital (DDTD) sampai selesai tanpa ada suatu halangan yang berarti.

Penulis juga mengucapkan terimakasih atas kerjasama dan dukungan dari berbagai pihak, baik berwujud bimbingan dan bantuan, sehingga Modul DDTD ini bisa terselesaikan.

Modul DDTD ini merupakan bahan ajar yang digunakan sebagai panduan untuk Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), guna membentuk salah satu bagian dari kompetensi yang ada pada program keahlian Teknik Elektronika khususnya pada kompetensi keahlian Audio Video. Modul ini berisi tentang Sistem bilangan, gerbang logika dasar, Flip-Flop, Register, Decoder-Encoder dan Counter.

Kami menyadari dalam penulisan masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran sangat kami harapkan demi penyempurnaan modul ini.

Yogyakarta, 9 Maret 2014

Penyusun

Daftar Isi

| | |
|-------------------------------------|------|
| Halaman Judul | i |
| Kata Pengantar | ii |
| Daftar Isi | iii |
| Petunjuk Penggunaan Modul | v |
| Kompetensi Dasar | vi |
| Tujuan Akhir | viii |
| BAB I Sistem Bilangan | 1 |
| A. Analog dan Digital | 3 |
| B. Sistem Bilangan | 6 |
| C. Konversi Bilangan | 12 |
| D. Aritmatika Bilangan | 19 |
| E. Kode Bilangan | 25 |
| Rangkuman | 30 |
| Evaluasi | 31 |
| BAB II Operasi Gerbang Logika | 33 |
| A. Gerbang Logika..... | 35 |
| B. Teorema Boolean | 47 |
| C. Gerbang Universal | 49 |
| D. Logika dalam IC..... | 57 |
| Rangkuman | 64 |
| Evaluasi | 64 |
| BAB III Flip Flop | 65 |
| A. Clock | 67 |
| B. Flip Flop | 71 |
| Rangkuman | 81 |
| Evaluasi | 81 |
| BAB IV Register | 83 |
| A. Register | 85 |
| B. Transfer Data | 89 |
| Rangkuman | 95 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| Evaluasi | 95 |
| BAB V Decoder Encoder | 97 |
| A. Decoder | 99 |
| B. Encoder | 105 |
| C. Multiplexer | 109 |
| D. Demultiplexer..... | 111 |
| Rangkuman | 114 |
| Evaluasi | 114 |
| BAB VI Counter | 115 |
| A. Counter Sinkron | 117 |
| B. Counter Asinkron..... | 120 |
| C. Merancang Counter..... | 124 |
| Rangkuman | 135 |
| Evaluasi | 136 |
| Evaluasi | 137 |
| Kunci Jawaban | 149 |
| Glosarium | 171 |
| Daftar Pustaka | 172 |

Agar Anda berhasil mempelajari modul ini dengan baik, ikuti langkah-langkah berikut ini:

1. Bacalah dengan cermat bagian tujuan pembelajaran terlebih dahulu agar anda dapat mengetahui kemampuan yang diharapkan dapat dicapai dari setiap aktivitas belajar yang disajikan.
2. Bacalah uraian materi dalam setiap aktivitas belajar dan carilah istilah-istilah yang dianggap baru dalam glosarium.
3. Pelajari secara rinci pengertian-pengertian dalam setiap aktivitas belajar, diskusikan dengan teman, atau tanyakan dengan guru jika menemukan kesulitan.
4. Jawablah pertanyaan atau tugas yang diberikan sebagai latihan, diskusikan dengan teman.
5. Kerjakan soal-soal pada bagian evaluasi disetiap akhir aktivitas belajar, diskusikan dengan teman. Cocokkan jawaban dengan kunci jawaban yang terdapat pada akhir bagian modul ini.

Kompetensi Dasar

SATUAN PENDIDIKAN : SMK NEGERI 3 YOGYAKARTA
 BIDANG KEAHLIAN : TEKNIK ELEKTRONIKA
 PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK AUDIO VIDEO
 MATA/PELAJARAN : DASAR-DASAR DIGITAL
 KELAS/SEMESTER : X / 1,2
 STANDAR KOMPETENSI : Menerapkan dasar-dasar digital
 KODE : 064.DKK3
 ALOKASI WAKTU : 154 x 45 menit
 KKM : 70

| Kompetensi Dasar | Indikator | Materi Pembelajaran |
|--|--|--|
| 1. Menjelaskan sistem bilangan | <ul style="list-style-type: none"> Dapat menjelaskan sistem bilangan biner, desimal, dan heksadesimal Dapat menjelaskan penjumlahan dan pengurangan pada berbagai sistem bilangan Dapat mengkonversikan dari berbagai sistem bilangan ke sistem bilangan lainnya Dapat menggambarkan dan menjelaskan tentang kode-kode bilangan | <ul style="list-style-type: none"> Analog Dan Digital Sistem Bilangan Konversi Bilangan Aritmatika Bilangan Kode Bilangan |
| 2. Menjelaskan operasi gerbang-gerbang dasar | <ul style="list-style-type: none"> Dapat menjelaskan operasi berbagai gerbang dasar: OR, AND, NOR, NAND, NOT, EXOR dan EXNOR Dapat menunjukkan berbagai jenis IC TTL dan C-MOS yang berisi gerbang-gerbang dasar Dapat menjelaskan persamaan Aljabar Boole untuk berbagai gerbang dasar Dapat menjelaskan cara membuat Tabel Kebenaran (<i>Truth Table</i>) untuk berbagai gerbang dasar Dapat mendemonstrasikan operasi berbagai gerbang dasar | <ul style="list-style-type: none"> Gerbang Logika Teorema Boolean Gerbang Universal IC Gerbang |

| Kompetensi Dasar | Indikator | Materi Pembelajaran |
|--|--|--|
| 3. Menjelaskan macam-macam Flip-Flop | <ul style="list-style-type: none"> • Dapat menggambarkan rangkaian clock dan kegunaannya • Dapat menerangkan fungsi flip-flop dan menyebutkan jenis-jenisnya • Dapat menerangkan bagaimana cara kerja sebuah register • Dapat menerangkan fungsi encoder dan decoder | <ul style="list-style-type: none"> • Clock • Flip-Flop • Jenis-jenis Flip-Flop |
| 4. Menjelaskan macam-macam register | <ul style="list-style-type: none"> • Menjelaskan macam-macam register dan diperagakan | <ul style="list-style-type: none"> • Register • Transfer Data |
| 5. Menjelaskan macam-macam decoder dan enkoder | <ul style="list-style-type: none"> • Dapat menjelaskan 10 line to BCD decoder dan diperagakan • Dapat menjelaskan BCD to 7 segment decoder dan diperagakan | <ul style="list-style-type: none"> • Decoder • Encoder • Multiplexer • Demultiplexer |
| 6. Menjelaskan macam-macam counter | <ul style="list-style-type: none"> • Dapat menjelaskan macam-macam counter : Counter sinkron: - Down counter - Up-counter Counter asinkron: - Down counter - Up-counter Modulus counter | <ul style="list-style-type: none"> • Counter Sinkron • Counter Asinkron • Merancang Counter |

Tujuan Akhir

Peserta didik dapat memahami dan menguasai elektronika digital dasar yang meliputi:

1. Sistem bilangan
2. Operasi gerbang logika
3. Flip-Flop
4. Register
5. Encoder dan Decoder
6. Counter

Sistem Bilangan



Materi :

- A. Analog dan Digital**
- B. Sistem Bilangan**
- C. Konversi Bilangan**
- D. Aritmatika Bilangan**
- E. Kode Bilangan**

Tujuan Pembelajaran :

- A. Dapat membedakan gejala analog dan digital**
- B. Dapat menjelaskan sistem bilangan desimal, biner, oktal dan heksadesimal**
- C. Dapat menjelaskan penjumlahan dan pengurangan pada berbagai sistem bilangan**
- D. Dapat mengonversikan dari berbagai sistem bilangan satu ke sistem bilangan lainnya**
- E. Dapat menjelaskan kode-kode bilangan**

Motivasi

Dalam 100 tahun terakhir, teknologi berkembang sangat pesat. Sampai awal tahun 1990-an saat teknologi digital belum banyak dimanfaatkan, perangkat dengan teknologi analog masih mendominasi dalam kehidupan manusia. Amati gambar dibawah ini :



(a)



(b)

Gambar.1.1 Perbandingan Perangkat Elektronik Dulu dan Sekarang

Gambar (a) adalah perangkat elektronik dengan teknologi analog, sedangkan (b) adalah perangkat dengan teknologi digital. Apakah perbedaan yang mencolok dari kedua gambar di atas? Apakah fungsinya? Atau ukurannya?

Dari segi fungsinya, setiap perangkat pada gambar (a) hanya mempunyai satu fungsi. Radio hanya untuk mendengar radio, dan kamera hanya untuk merekam gambar. Namun perangkat pada gambar (b) yang kita kenal sebagai *smartphone* mempunyai banyak fungsi, dari segi ukuran pun perangkat (b) lebih hemat ruang.

Dunia banyak berubah dengan hadirnya teknologi digital. Mulai dari perangkat pertanian, kesehatan, kesenian, pendidikan, hampir di semua bidang menggunakan teknologi digital. Mungkinkah Anda kelak akan membawa perubahan dunia dengan teknologi digital? Mari kita pelajari dasar-dasar teknik digital lebih dahulu.

Semangat belajar!

A. Analog dan Digital

Dalam sebuah sistem, ada yang menggunakan sistem analog, kalau tidak analog pasti sistem digital. Dan tak jarang diperlukan kombinasi keduanya, yakni dari analog ke digital, atau pun sebaliknya digital ke analog.

1. Analog

Sebuah sistem analog berisi beberapa alat yang mempunyai nilai tertentu dalam prosesnya menimbulkan gejala kontinuitas (terus-menerus). Contoh, audio amplifier, kaset tape magnetis, jam analog, dan lainnya. Disebut jam analog karena di dalam jam tersebut terdiri atas roda-roda bergerigi dengan nilai tertentu, besaran yang ditunjukkan adalah gejala kontinuitas (jarum yang berputar). Adapun angka-angka yang tertera pada jam analog berfungsi untuk mengetahui besaran kualitatif dari pergerakan jarum.



Gambar.1.2 Jam Analog

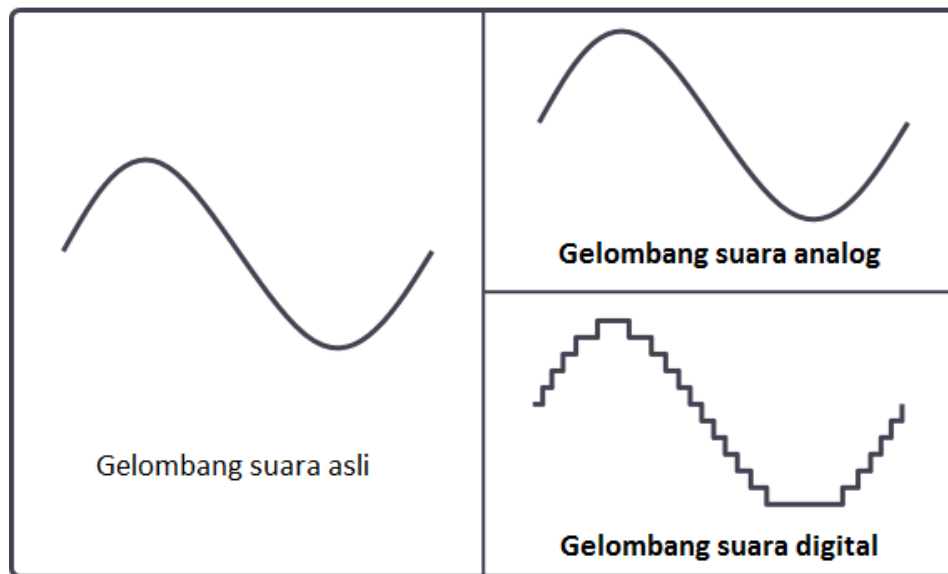
2. Digital

Sebuah sistem digital berisi beberapa alat yang mempunyai logika tertentu dalam prosesnya menimbulkan gejala diskrit/ diskontinuitas (putus-putus). Contoh, *handphone*, komputer, mp3 *player*, jam digital, beberapa juga diterapkan dalam perangkat mekanis, magnetis, dan pneumatis. Disebut jam digital karena besaran yang ditunjukkan adalah gejala diskrit. Besaran yang ditampilkan langsung dalam wujud angka atau besaran kuantitatif. Hampir semua perangkat elektronik saat ini menggunakan sistem digital.



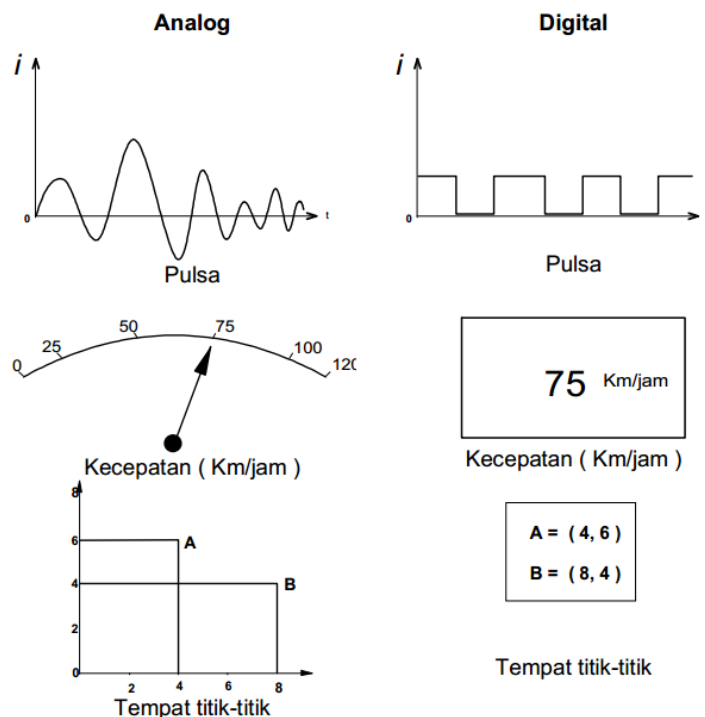
Gambar.1.3 Jam Digital

Contoh gambar gelombang suara :



Gambar.1.4 Gelombang Suara

Terlihat bahwa bentuk gelombang analog sama dengan bentuk gelombang asli, menunjukkan gelombang lengkung mulus (kontinyuitas). Sedangkan gelombang digital terlihat tidak mulus (deskrit), dan terlihat garis yang dibentuk berbentuk zigzag dengan sudut 90 derajat.



Gambar.1.5 Analog dan Digital

Beberapa keuntungan sistem digital dibanding sistem analog :

1. Secara umum, perancangan sistem digital lebih mudah daripada sistem analog.
2. Lebih hemat ruang penyimpanan
3. Lebih tepat dan akurat
4. Proses pengoperasian bisa terprogram
5. Sirkuit digital lebih tahan dari gangguan *noise* tegangan, selama masih dalam *range* logika *HIGH* atau *LOW*.
6. Bagi pabrikan pengemasan dalam sirkuit terintegrasi/ *integrated circuit* (IC) digital lebih mudah, dibanding IC analog yang relatif lebih rumit.

Hanya ada satu kelemahan sistem digital, yakni penyajian ulang informasi yang telah disimpan harus dengan sistem analog. Karena semua gejala yang ada di alam ini adalah secara analog. Panca indera yang kita gunakan untuk menerima informasi adalah analog. Karena keterbatasan ruang dan waktu, digital digunakan untuk merekayasa/ virtualisasi gejala analog, agar gejala analog bisa disampaikan dengan lebih mudah atau bahkan disampaikan secara berulang.

Mengingat Kembali

1. Sistem yang bagaimanakah sistem analog itu?
2. Sistem yang bagaimanakah sistem digital itu?

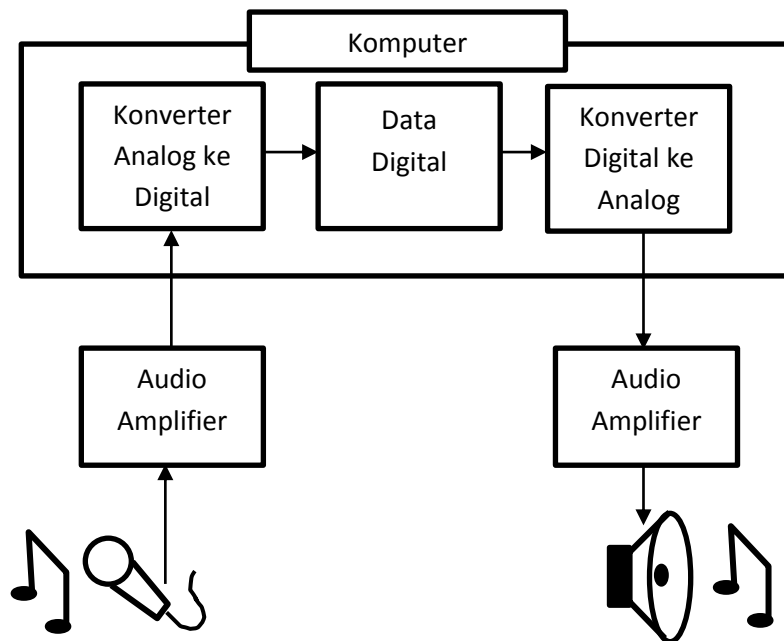
Latihan

Analog atau digital?

1. Suara gitar akustik,
2. Data berkas musik mp3,
3. Penghitung mundur *traffic light*,
4. Tulisan di kertas,
5. Tulisan pada SMS,
6. *Over Head Projector* (OHP),
7. Tampilan pada LCD,

Diskusi

Bentuk kelompok, setiap kelompok terdiri atas 2 atau 3 orang, diskusikan bagan dibawah ini. Apa saja yang Anda tangkap? Amati dan catat!



Gambar.1.6 Bagan Contoh Proses Pengolahan Suara Analog – Digital

B. Sistem Bilangan

Dalam proses penghitungan/ komputasi, sebuah perangkat digital menggunakan sistem bilangan tertentu. Suatu sistem bilangan memiliki :

- Basis (*base*)/Radik, yaitu banyaknya angka yang dipergunakan pada suatu bilangan.
- *Absolute Value* (nilai mutlak) atau simbol bilangan, yaitu jenis digit yang berbeda-beda dalam suatu sistem atau simbol bilangan.
- *Positional value* (nilai posisi), nilai (bobot bilangan) setiap digit dalam suatu bilangan bergantung pada posisinya, yang merupakan kelipatan dari *base*-nya.
- Nilai dari suatu bilangan adalah hasil penjumlahan dari setiap digit yang dikalikan dengan posisi masing-masing.

Dalam rangkaian logika kita mengenal bermacam-macam bilangan yang diantaranya adalah bilangan desimal, bilangan biner, bilangan oktal, dan bilangan hexadesimal.

1. Bilangan Desimal

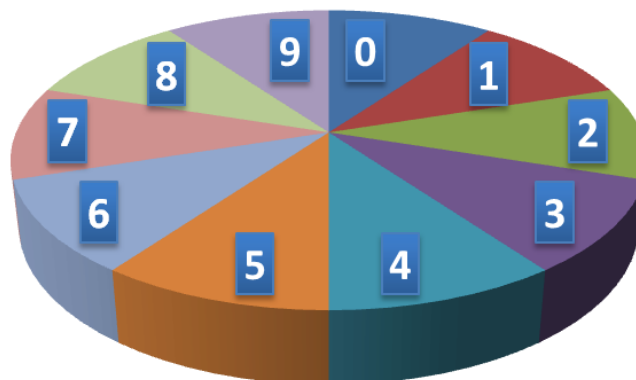
Pada umumnya dalam kehidupan sehari-hari kita menggunakan sistem bilangan desimal, yaitu bilangan yang terdiri dari angka-angka **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9**.

Dari deretan angka-angka diatas maka setelah angka 9 akan terjadi angka-angka yang lebih besar seperti 10, 11, 12, 13 dan seterusnya. Angka-angka tersebut merupakan kombinasi dari angka 0 sampai 9. Angka-angka 0 sampai 9 ini dinamakan desimal digit, dimana harga-harga dari desimal digit tersebut tergantung dari letak urutannya atau yang disebut harga tempat. Jadi bilangan desimal mempunyai 10 suku angka atau disebut juga radik. Dengan demikian maka RADIX suatu sistem bilangan dapat ditentukan dengan rumus $R = n + 1$. Dimana R = Radik dan n = angka akhir dari sistem bilangan.

Setiap sistem bilangan mempunyai RADIX yang berbeda seperti:

- Sistem bilangan Biner mempunyai Radix = 2
- Sistem bilangan Oktal mempunyai Radix = 8
- Sistem bilangan Desimal mempunyai Radix = 10
- Sistem bilangan Hexadesimal mempunyai Radix = 16

Anggota sistem bilangan desimal dalam sebuah diagram :



Gambar.1.7 Anggota Sistem Bilangan Desimal (Radik 10)

Tabel.1.1 Pembobotan Sistem Bilangan Desimal Berdasarkan Susunan Digit

| DESIMAL atau basis 10 anggota : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 | | | | | | | | | | |
|--|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| Digit (n) | Desimal Bulat | | | | | | Desimal Pecahan | | | |
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | -3 | -4 |
| Bobot (10^n) | 10^5 | 10^4 | 10^3 | 10^2 | 10^1 | 10^0 | 10^{-1} | 10^{-2} | 10^{-3} | 10^{-4} |
| | 100.000 | 10.000 | 1000 | 100 | 10 | 1 | 1/10 | 1/100 | 1/1.000 | 1/10.000 |

2. Bilangan Biner

Rangkaian digital atau rangkaian logika sistem pada dasar operasinya, menggunakan prinsip adanya dua (dualitas) kondisi yang pasti yaitu:

- Logika "1" atau "0"
- High* atau *Low*
- True* (benar) atau *False* (salah)
- Terang atau Gelap

Kondisi-kondisi tersebut dapat digambarkan sebagai saklar yang sedang menutup (on) dan saklar yang sedang terbuka (off). Metode bilangan yang sesuai dengan prinsip kerja dari saklar tersebut adalah penerapan bilangan biner (*binary number*).

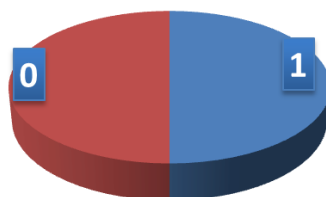
Contoh kondisi lampu jika ditulis dalam bilangan biner :



Kondisi: nyala nyala mati mati nyala mati nyala

Biner : 1 1 0 0 1 0 1

Pada bilangan biner hanya ada dua suku angka yaitu "0" dan "1", deretan angka biner : 0, 1, 10, 11, 100, 101, 110, 111, 1000, dan seterusnya. Anggota sistem bilangan biner jika diilustrasikan dalam sebuah diagram :



Gambar.1.8 Anggota Sistem Bilangan biner (Radik 2)

Setiap kondisi disebut bit, berisi data "0" atau "1". Misalnya data 10100110, berarti data ini mempunyai kapasitas data 8 bit.

| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| bit 7 | bit 6 | bit 5 | bit 4 | bit 3 | bit 2 | bit 1 | bit 0 |

Kapasitas data 8 bit atau 1 byte

Ukuran kapasitas data

1 nibble = 4 bit

1 byte = 8 bit

1 kilobyte (KB) = 2^{10} byte = 1 024 byte

1 megabyte (MB) = 2^{20} byte = 1 048 576 byte

1 gigabyte (GB) = 2^{30} byte = 1 073 741 824 byte

1 terabyte (TB) = 2^{40} byte = 1 099 511 627 776 byte

1 petabyte (PB) = 2^{50} byte = 1 125 899 906 842 624 byte

1 exabyte (EB) = 2^{60} byte = 1 152 921 504 606 846 976 byte

Contoh penulisan angka biner agar tidak rancu dengan sistem bilangan lainnya : 100_2 , $(100)_2$, 100_{bin}

Tabel.1.2 Pembobotan Sistem Bilangan Biner Berdasarkan Susunan Digit

| BINER atau basis 2 anggota : 0 dan 1 | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|----------|----------|----------|
| Digit/bit ke (n) | Biner Bulat | | | | | | | | Biner Pecahan | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | -3 | -4 |
| Bobot (2^n) | 2^7 | 2^6 | 2^5 | 2^4 | 2^3 | 2^2 | 2^1 | 2^0 | 2^{-1} | 2^{-2} | 2^{-3} | 2^{-4} |
| | 128 | 64 | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 | 1/2 | 1/4 | 1/8 | 1/16 |

Ingat !

Angka 0 (nol) adalah sebuah nilai, bukan berarti kosong.

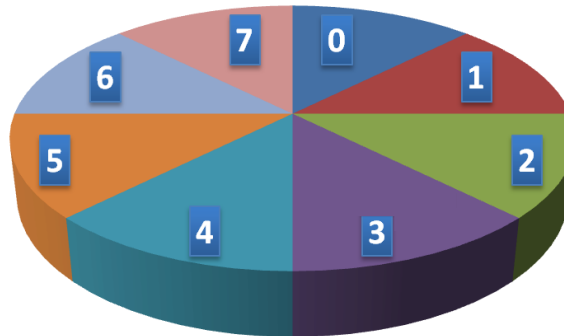
3. Bilangan Oktal

Dalam rangkaian logika selain bilangan desimal dan bilangan biner, kita mengenal pula bilangan oktal. Bilangan oktal mempunyai 8 suku angka (radix 8) yaitu **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7**. Dalam bilangan oktal tidak angka 8 dan 9, deret angka setelah angka 7 adalah angka 10, 11, 12 dan seterusnya. Misalnya; 0, 1,

2, 3, 4, 5, 6, 7 selanjutnya 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, selanjutnya 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 selanjutnya 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 dan seterusnya.

Contoh penulisan angka oktal agar tidak rancu dengan sistem bilangan lainnya : 23_8 , $(23)_8$, 23_{okt}

Anggota sistem bilangan oktal dalam sebuah diagram :



Gambar.1.9 Anggota Suku Sistem Bilangan Oktal (Radik 8)

Tabel.1.3 Pembobotan Sistem Bilangan Oktal Berdasarkan Susunan Digit

| OKTAL atau basis 8 anggota : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|----------|----------|----------|
| Digit (n) | Oktal Bulat | | | | | | Oktal Pecahan | | | |
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | -3 | -4 |
| Bobot (8^n) | 8^5 | 8^4 | 8^3 | 8^2 | 8^1 | 8^0 | 8^{-1} | 8^{-2} | 8^{-3} | 8^{-4} |
| | 32.786 | 4.096 | 512 | 64 | 8 | 1 | 1/8 | 1/64 | 1/512 | 1/4.096 |

4. Bilangan Heksadesimal

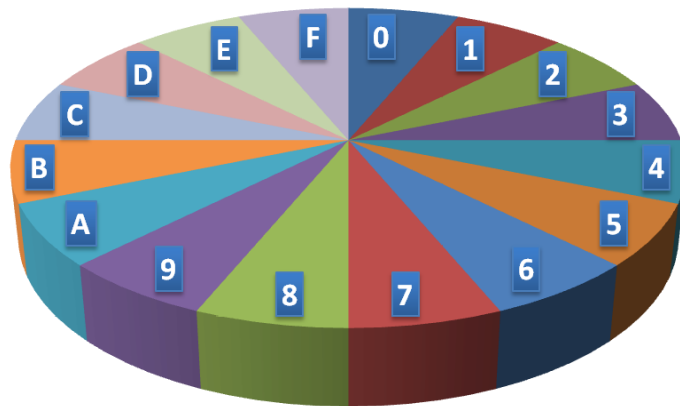
Bilangan hexadesimal mempunyai 16 suku angka (radix 16) yakni: **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F**. Huruf-huruf A sampai F digunakan sebagai pengganti dari angka-angka bilangan desimal mulai dari 10 sampai 15. Contoh deret hitungan bilangan hexadesimal : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F, 10, 11, 12, 13,, 97, 98, 99, 9A, 9B, 9C, 9D, 9E, 9F, A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, AA, AB, AC, AD, AE, AF, B0, B1 dan seterusnya.

Ingat !

$$1000_{(\text{desimal})} \neq 1000_{(\text{biner})} \neq 1000_{(\text{oktal})} \neq 1000_{(\text{heksadesimal})}$$

Contoh penulisan angka heksadesimal agar tidak rancu dengan sistem bilangan lainnya : 23_{16} , $(23)_{16}$, 23_{hex}

Sistem bilangan heksadesimal jika diilustrasikan dalam sebuah diagram :



Gambar.1.10 Anggota Suku Sistem Bilangan Heksadesimal (Radik 16)

Tabel.1.4 Pembobotan Sistem Bilangan Heksadesimal Berdasar Susunan Digit

| HEXADESIMAL atau basis 16 anggota : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|
| Digit (n) | Hexadesimal Bulat | | | | | | Hexadesimal Pecahan | | | |
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | -3 | -4 |
| Bobot (16 ⁿ) | 16 ⁵ | 16 ⁴ | 16 ³ | 16 ² | 16 ¹ | 16 ⁰ | 16 ⁻¹ | 16 ⁻² | 16 ⁻³ | 16 ⁻⁴ |
| | 1.048.576 | 65.536 | 4.096 | 256 | 16 | 1 | 1/16 | 1/256 | 1/4.096 | 1/65.536 |

Mengingat Kembali

1. Apakah yang dimaksud dengan sistem bilangan desimal?
2. Apakah yang dimaksud dengan sistem bilangan biner?
3. Apakah yang dimaksud dengan sistem bilangan oktal?
4. Apakah yang dimaksud dengan sistem bilangan heksadesimal?

Latihan

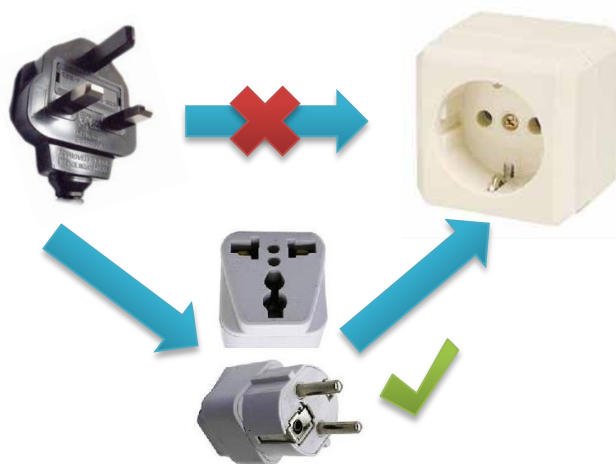
Benar atau salah?

1. 54₂ adalah bilangan biner,
2. 1 byte sama dengan 8 bit,
3. 12₁₆ adalah bilangan heksadesimal,
4. 81₈ adalah bilangan oktal,
5. 76₈ adalah bilangan oktal ,
6. 33 adalah bilangan desimal,
7. 1001₂ adalah bilangan biner,
8. 4F₈ adalah bilangan heksadesimal,
9. 6A adalah bilangan desimal,

C. Konversi Bilangan

Telah kita ketahui dari pembahasan sebelumnya, dengan angka yang sama, bobot angka pada sistem bilangan desimal dengan sistem bilangan lainnya (biner, oktal dan heksadesimal) adalah beda. Misalnya angka 1000, jika yang dimaksud adalah desimal maka bobotnya seribu. Sedangkan kalau angka 1000 yang dimaksud biner, 1000 oktal, 1000 heksadesimal, sudah beda bobotnya.

Dalam banyak kasus, data dari sebuah perangkat digital dengan basis tertentu tidak bisa langsung diterima karena perbedaan basis sistem yang digunakan. Kita ambil contoh sederhana, sebuah colokan *charger* laptop dengan tiga kaki. Sedangkan umumnya stopkontak di rumah kita hanya menyediakan dua lubang terminal. Bagaimana agar colokan kaki tiga bisa terhubung dengan terminal dua lubang? Jawabnya adalah dengan bantuan konverter.



Gambar.1.11 Konverter terminal

Kali ini kita akan mempelajari bagaimana konversi suatu sistem bilangan ke sistem bilangan lainnya. Hanya sistem bilangan desimal yang menggunakan pengucapan angka dengan puluhan, ratusan, ribuan, jutaan dan seterusnya. Selain desimal cukup sebut angkanya, 1000 biner diucapkan "satu nol nol nol".

Konversi Bilangan merupakan istilah lain dari merubah suatu bilangan, dari sistem bilangan ke sistem bilangan yang lain. Bobot bilangan dari suatu sistem bilangan tergantung dari letak susunan digitnya atau disebut juga harga tempat. Bobot pada setiap sistem bilangan berbeda-beda, namun dalam sebuah

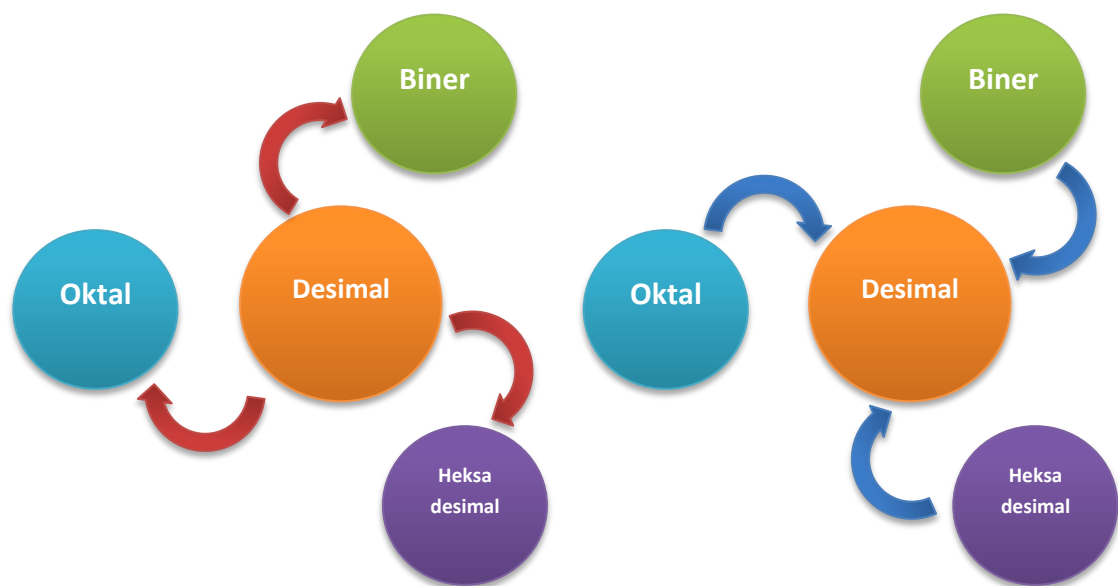
bilangan yang dikonversikan, harga bilangan sebelum dan sesudah konversi pasti sama.

1. Desimal Sentris

Mengapa disebut desimal sentris?

Karena kita sebagai manusia secara umum, hanya mengenal sistem bilangan desimal. Manusia sebagai pencipta dan pengguna mesin. Mesin pada dasarnya tidak akan pernah mengenal sistem bilangan desimal. Oleh karena itu perlu adanya konversi bilangan, agar antara mesin dan manusia bisa saling mengerti perintah atau permintaan satu sama lain.

Konversi desimal sentris mencakup dua kondisi, yakni konversi dari sistem bilangan desimal ke sistem bilangan lainnya (biner, oktal dan heksadesimal), dan konversi sistem bilangan lainnya (biner, oktal dan heksadesimal) ke sistem bilangan desimal. Lebih mudahnya bisa dilihat pada ilustrasi di bawah ini :



Gambar.1.12 Konversi dari Desimal dan Konversi ke Desimal

Konversi dari desimal

Konversi bilangan desimal ke bilangan lainnya dengan cara membagi habis bilangan desimal dengan radix sistem bilangan yang dituju.

Desimal ke biner

Untuk mengkonversi bilangan desimal ke biner, bilangan desimal harus dibagi habis dengan angka 2, dengan menyisakan angka 0 dan 1. Sisa

pembagian terakhir adalah digit terbesar. Jadi, untuk merangkai bilangan biner hasil konversi disusun dari bawah ke atas.

Contoh: $19_{10} = \dots_2$?

$$\begin{array}{rcl} 19 / 2 & = 9 & \text{sisa } 1 \uparrow \\ 9 / 2 & = 4 & \text{sisa } 1 \uparrow \\ 4 / 2 & = 2 & \text{sisa } 0 \uparrow \\ 2 / 2 & = 1 & \text{sisa } 0 \uparrow \\ 1 / 2 & = 0 & \text{sisa } \mathbf{1} \end{array}$$

Sisa pembagian dirangkai dari bawah ke atas.

Jadi $(19)_{10} = (\mathbf{10011})_2$

Desimal ke oktal

Dengan cara sama, bilangan desimal dibagi habis dengan angka 8.

Contoh: $279_{10} = \dots_8$?

$$\begin{array}{rcl} 279 / 8 & = 34 & \text{sisa } 7 \uparrow \\ 34 / 8 & = 4 & \text{sisa } 2 \uparrow \\ 4 / 8 & = 0 & \text{sisa } \mathbf{4} \end{array}$$

Sisa pembagian dirangkai dari bawah ke atas.

Jadi $(279)_{10} = (\mathbf{427})_8$

Desimal ke heksadesimal

Dengan cara sama, bilangan desimal dibagi habis dengan angka 16.

Contoh: $367_{10} = \dots_{16}$?

$$\begin{array}{rcl} 367 / 16 & = 22 & \text{sisa } 15 = \mathbf{F} \uparrow \\ 22 / 16 & = 1 & \text{sisa } 6 \uparrow \\ 1 / 16 & = 0 & \text{sisa } \mathbf{1} \end{array}$$

Sisa pembagian dirangkai dari bawah ke atas.

Jadi $(367)_{10} = (\mathbf{16F})_{16}$

Konversi ke desimal

Konversi bilangan lainnya ke bilangan desimal dengan cara setiap posisi digit bilangan dikali dengan bobot sistem bilangan yang menjadi tujuan konversi, kemudian dijumlahkan. Mari kita konversi bilangan yang telah dibahas sebelumnya.

Biner ke desimal

Berapakah bilangan desimal dari bilangan biner 1011?

$$\begin{aligned} (10011)_2 &= (\dots)_{10} \\ &= 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (10011)_2 &= 1 \times 16 + 0 + 0 + 1 \times 2 + 1 \\
 &= 16 + 0 + 0 + 2 + 1 \\
 &= 19
 \end{aligned}$$

Jadi, $(10011)_2 = (19)_{10}$

Oktal ke desimal

Berapakah bilangan desimal dari bilangan oktal 427?

$$\begin{aligned}
 (427)_8 &= (\dots)_{10} \\
 &= 4 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 7 \times 8^0 \\
 &= 4 \times 64 + 2 \times 8 + 7 \\
 &= 256 + 16 + 7 \\
 &= 279
 \end{aligned}$$

Jadi, $(427)_8 = (279)_{10}$

Heksadesimal ke desimal

Berapakah bilangan desimal dari bilangan heksadesimal 16F?

$$\begin{aligned}
 (16F)_{16} &= (\dots)_{10} \\
 &= 1 \times 16^2 + 6 \times 16^1 + 15 \times 16^0 \\
 &= 256 + 96 + 15 \\
 &= 367
 \end{aligned}$$

Jadi, $(16F)_{16} = (367)_{10}$

Amati dan pahami tabel konversi bilangan berikut ini:

Tabel.1.5 Konversi bilangan desimal, biner, oktal, dan heksadesimal

| Desimal | Biner | Oktal | Heksadesimal |
|---------|-------|-------|--------------|
| 0 | 0000 | 0 | 0 |
| 1 | 0001 | 1 | 1 |
| 2 | 0010 | 2 | 2 |
| 3 | 0011 | 3 | 3 |
| 4 | 0100 | 4 | 4 |
| 5 | 0101 | 5 | 5 |
| 6 | 0110 | 6 | 6 |
| 7 | 0111 | 7 | 7 |
| 8 | 1000 | 10 | 8 |
| 9 | 1001 | 11 | 9 |

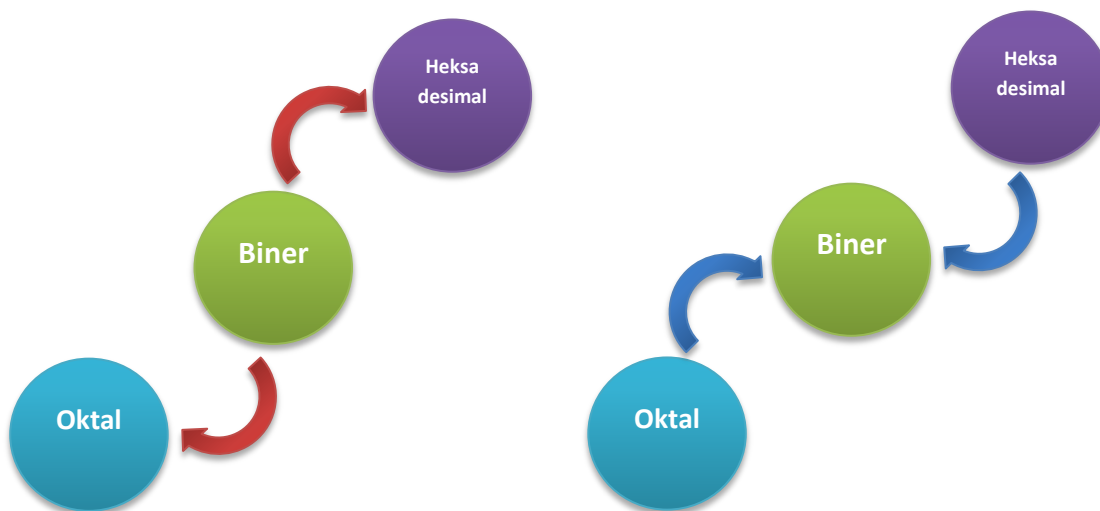
| Desimal | Biner | Oktal | Heksadesimal |
|---------|-------|-------|--------------|
| 10 | 1010 | 12 | A |
| 11 | 1011 | 13 | B |
| 12 | 1100 | 14 | C |
| 13 | 1101 | 15 | D |
| 14 | 1110 | 16 | E |
| 15 | 1111 | 17 | F |

2. Biner Sentris

Mengapa disebut biner sentris? Sudah kita ketahui bahwa logika dasar yang dipakai mesin adalah dualisme atau dua kondisi yang berlawanan, seperti nyala-mati, on-off, tinggi-rendah, gelap-terang, ya-tidak, *high-low*, *true-false*, *yes-no*, dan sebagainya. Dua kondisi berlawanan ini diwakili oleh sistem bilangan biner dengan angka nol "0" dan satu "1".

Dalam sebuah proses, seringkali mesin yang satu membutuhkan mesin yang lain. Hubungan antar mesin yang berbeda sistem ini memerlukan konversi data, agar data yang dikirim bisa diterima dengan benar oleh mesin penerima.

Konversi biner sentris mencakup dua kondisi, yakni konversi dari sistem bilangan biner ke sistem bilangan oktal dan heksadesimal, serta konversi sistem bilangan oktal dan heksadesimal. Pada dasarnya sistem bilangan oktal dan heksa desimal adalah perkembangan dari sistem bilangan biner. Lebih mudahnya bisa dilihat pada ilustrasi di bawah ini :



Gambar.1.13 Konversi dari biner dan Konversi ke biner

Konversi dari biner

Konversi bilangan biner ke bilangan oktal dan heksadesimal dilakukan dengan cara mengelompokkan bilangan biner.

Biner ke oktal

Konversi ini dilakukan dengan cara mengelompokkan tiap 3 bit biner, kemudian tiap kelompok 3 bit dihitung nilainya (pahami tabel.1.5).

Berapakah bilangan oktal dari bilangan biner 10001011?

$$\begin{aligned}(10001011)_2 &= (\dots)_8 \\(10001011)_2 &= (\ 10 \ 001 \ 011 \)_2 \\&= (\ 2 \ \ 1 \ \ 3 \)_8 \\&= (213)_8\end{aligned}$$

$$\text{Jadi, } (10001011)_2 = (213)_8$$

Biner ke heksadesimal

Konversi ini dilakukan dengan cara mengelompokkan tiap 4 bit biner, kemudian tiap kelompok 4 bit dihitung nilainya (pahami tabel.1.5).

Berapakah bilangan heksadesimal dari bilangan biner 111011011?

$$\begin{aligned}(111011011)_2 &= (\dots)_{16} \\(111011011)_2 &= (\ 1 \ 1101 \ 1011 \)_2 \\&= (\ 1 \ \ D \ \ B \)_{16} \\&= (1DB)_{16}\end{aligned}$$

$$\text{Jadi, } (111011011)_2 = (1DB)_{16}$$

Konversi ke biner

Konversi bilangan oktal dan heksadesimal ke bilangan biner, dilakukan dengan cara menentukan bilangan biner setiap bilangan oktal atau heksadesimal.

Oktal ke biner

Konversi ini dilakukan dengan cara menentukan bilangan biner (3 bit biner) setiap angka dari bilangan oktal (pahami tabel.1.5).

Berapakah bilangan biner dari bilangan oktal 746?

$$\begin{aligned}(746)_8 &= (\dots)_2 \\(746)_8 &= (\ 7 \ \ \ 4 \ \ \ 6 \)_8 \\&= (\ 111 \ \ 100 \ \ 110 \)_2 \\&= (111 \ 100 \ 110)_2\end{aligned}$$

$$\text{Jadi, } (746)_8 = (111 \ 100 \ 110)_2$$

Heksadesimal ke biner

Konversi ini dilakukan dengan cara menentukan bilangan biner (4 bit biner) setiap angka dari bilangan heksadesimal (pahami tabel.1.5).

Berapakah bilangan biner dari bilangan heksadesimal E5A?

$$\begin{aligned}(E5A)_{16} &= (\dots)_2 \\(E5A)_{16} &= (\quad E \quad \quad 5 \quad \quad A \quad)_{16} \\&= (\quad 1110 \quad \quad 0101 \quad \quad 1010 \quad)_2 \\&= (1110 \ 0101 \ 1010)_2\end{aligned}$$

$$\text{Jadi, } (E5A)_{16} = (1110 \ 0101 \ 1010)_2$$

Mengingat Kembali

1. Apakah yang dimaksud dengan konversi?
2. Bagaimana mengkonversi bilangan desimal ke biner?
3. Bagaimana mengkonversi bilangan heksadesimal ke desimal?
4. Bagaimana mengkonversi bilangan heksadesimal ke biner?
5. Bagaimana mengkonversi bilangan biner ke oktal?

Latihan

Jawab soal latihan berikut:

1. Bagaimana konversi bilangan heksadesimal ke oktal dan sebaliknya?
2. $(19)_{10} = (\dots)_8$
3. $(279)_{10} = (\dots)_{16}$
4. $(367)_{10} = (\dots)_2$
5. $(10010101)_2 = (\dots)_{10}$
6. $(437)_{16} = (\dots)_{10}$
7. $(152)_8 = (\dots)_{10}$
8. $(74)_8 = (\dots)_2$
9. $(746)_8 = (\dots)_{16}$
10. $(E5A)_{16} = (\dots)_8$

Diskusi

Bentuk kelompok, setiap kelompok terdiri atas 2 atau 3 orang, diskusikan mengapa bilangan oktal menggunakan 3 bit biner, dan bilangan heksadesimal menggunakan 4 bit biner? Buktikan dengan pembobotan nilai posisi!

D. Aritmatika Bilangan

Kita mengenal aritmatika bilangan, yakni penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian.

1. Penjumlahan

Dalam penjumlahan desimal kita mengenal istilah “simpanan” hasil penghitungan bilangan digit rendah ditambahkan ke digit yang lebih tinggi di depannya.

Contoh: $15 + 27 = ?$

1 5

2 7

+ 1 _____ +

4 2

Menghitung satuan; $5 + 7 = 2$, masih menyimpan +1

Menghitung puluhan; $1 + 1 + 2 = 4$

Untuk sistem bilangan desimal, akan ada simpanan jika penjumlahan melebihi angka 9. Kita ketahui bahwa angka 9 adalah anggota terakhir dari sistem bilangan desimal. Bagaimana dengan penjumlahan sistem bilangan lainnya? Mari kita pelajari!

Penjumlahan Bilangan Biner

Pada penjumlahan biner, jika penjumlahan melebihi nilai anggota terakhir (yakni angka 1) maka *carry* +1 untuk digit di depannya. Pahami penjumlahan biner di bawah ini,

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0 \text{ masih menyimpan } +1 \text{ sebagai } \textit{carry}$$

$$1 + 1 + 1 = 1 \text{ masih menyimpan } +1 \text{ sebagai } \textit{carry}$$

Seperti cara penjumlahan bilangan desimal yang kita kenal, penjumlahan bilangan biner juga harus selalu memperhatikan *carry* (simpanan) dari hasil penjumlahan pada tempat yang lebih rendah.

Contoh : Data A = 1 0 0 1 1 0 1 0 dan data B = 0 1 0 1 1 0 1 1

| | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|---|---|---|---|---|---|----------|---------------------|
| Data A = | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | = 154 ₁₀ |
| Data B = | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | = 91 ₁₀ |
| carry | 1 1 1 | | | | | | | + | |

| | | | | | | | | | |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------|
| A + B = | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | = 245 ₁₀ |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------|

Contoh penjumlahan di atas, adalah data 8 bit dan hasil penjumlahannya masih berupa 8 bit data. Dengan kata lain hasil akhir penjumlahan adalah data 1 byte tanpa carry.

Berikut ini adalah penjumlahan 8 bit yang menghasilkan carry.

Contoh : Data A = 1 0 0 1 1 0 1 0 dan data B = 1 1 1 0 0 0 1 1

| | | | | | | | | | |
|--------------|----------|----------|---|---|---|---|---|----------|---------------------|
| Data A = | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | = 154 ₁₀ |
| Data B = | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | = 227 ₁₀ |
| carry | 1 | 1 | | | | | | + | |

| | | | | | | | | | |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------|
| A+B = | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | = 381 ₁₀ |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------|

Penjumlahan Bilangan Oktal

Proses penjumlahan bilangan oktal sama seperti proses penjumlahan bilangan desimal. Carry ada jika hasil penjumlahannya telah melebihi 7 pada setiap posisi digit.

Contoh : A = 236₈ dan B = 221₈

| | | |
|--------------|------------------------|---------------------|
| A = | (2 3 6) ₈ | = 158 ₁₀ |
| B = | (2 2 1) ₈ | = 145 ₁₀ |
| carry | + | |

| | | |
|-------|------------------------|---------------------|
| A+B = | (4 5 7) ₈ | = 303 ₁₀ |
|-------|------------------------|---------------------|

Contoh : A = 236₈ dan B = 773₈

| | | |
|--------------|------------------------|---------------------|
| A = | (2 3 6) ₈ | = 158 ₁₀ |
| B = | (7 7 3) ₈ | = 507 ₁₀ |
| carry | 1 1 1 | + |

| | | |
|-------|--------------------------|---------------------|
| A+B = | (1 2 3 1) ₈ | = 665 ₁₀ |
|-------|--------------------------|---------------------|

Penjumlahan Bilangan Heksadesimal

Dalam penjumlahan bilangan heksadesimal, *carry* akan terjadi jika jumlah dari setiap digit melebihi 15 ($15_{10} = F_{16}$).

Contoh : $A = A6_{16}$ dan $B = 23_{16}$

$$\begin{array}{rcl} A & = & (A\ 6)_{16} = 166_{10} \\ B & = & (2\ 3)_{16} = 35_{10} \\ \text{carry} & & + \\ \hline A+B & = & (C\ 9)_{16} = 201_{10} \end{array}$$

Contoh : $A = A6_{16}$ dan $B = 76_{16}$

$$\begin{array}{rcl} A & = & (A\ 6)_{16} = 166_{10} \\ B & = & (7\ 6)_{16} = 118_{10} \\ \text{carry} & 1 & + \\ \hline A+B & = & (1\ 1\ C)_{16} = 284_{10} \end{array}$$

2. Pengurangan

Dalam pengurangan desimal kita mengenal istilah "pinjaman" dari digit yang lebih tinggi di depannya untuk membantu penghitungan bilangan digit rendah.

Contoh: $35 - 17 = ?$

$$\begin{array}{r} -1 \\ 35 \quad \quad 2 \quad 15 \\ \underline{17} - \quad \underline{1} \quad 7 - \\ ? \quad \quad 1 \quad 8 \end{array}$$

Menghitung satuan; $15 - 7 = 8$, pinjaman 1 dari digit yang lebih tinggi

Menghitung puluhan; $2 - 1 = 1$

Untuk sistem bilangan desimal, akan ada pinjaman jika angka yang dikurangi lebih kecil dari angka yang mengurangi. Bagaimana dengan penjumlahan sistem bilangan lainnya? Mari kita pelajari!

Pengurangan Bilangan Biner

Pada pengurangan bilangan biner berlaku aturan seperti di bawah ini,

$$\begin{array}{rcl} 0 - 0 & = & 0 \\ 0 - 1 & = & 1 \text{ dari borrow} - 1 \\ 1 - 0 & = & 1 \\ 1 - 1 & = & 0 \end{array}$$

$$0 - 1 - 1 = 0 \text{ dari borrow} - 1$$

$$1 - 1 - 1 = 1 \text{ dari borrow} - 1$$

Pada pengurangan jika bilangan yang dikurangi lebih kecil dari pada bilangan pengurangnya maka dilakukan peminjaman (borrow) dari digit yang lebih tinggi.

Contoh : Data A = 1 0 1 1 1 0 1 0 dikurangi data B = 0 1 0 1 0 0 0 1

| | | | | | | | | | |
|---------------|----------|---|---|---|---|----------|---|---|---------------------|
| Data A = | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | = 186 ₁₀ |
| Data B = | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | = 81 ₁₀ |
| borrow | 1 | | | | | 1 | | | - |
| A + B = | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | = 105 ₁₀ |

Pengurangan Bilangan Biner Melalui Komplemen dan Penjumlahan

Aturan pengurangan diatas untuk sistem microcomputer tidak cocok, oleh karena itu digunakan cara komplemen dan penjumlahan. Komplemen adalah hasil inverter/ nilai kebalikan dari bilangan biner. Bit yang semula bernilai 1 diubah menjadi 0, sebaliknya yang 0 diubah menjadi 1. Misal dari 101 menjadi 010. Cara meng-invert atau negasi atau "kebalikan" dari bilangan biner biasanya disebut *One's Complement* (Komplemen Satu) atau *Einerkomplement*.

Contoh: Data A = 1011 dikurangi data B = 111

Yang dikomplemenkan adalah data B. B = 111, maka komplemennya adalah 1000. Mengapa data B dari 3 bit menjadi 4 bit? Karena menyesuaikan data A yang 4 bit. Data B = 111 sama nilainya dengan 0111.

• Pengurangan biasa

| | | | | |
|---------------|----------|---|---|---|
| Data A = | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Data B = | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Borrow | 1 | | | |
| A + B = | 0 | 1 | 0 | 0 |

• Komplemen dan penjumlahan

| | | | | |
|------------------|----------|---|---|----------|
| Data A tetap | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Komplemen data B | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Carry | 1 | | | |
| | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | | | | 1 |
| Carry | | 1 | 1 | |
| | 0 | 1 | 0 | 0 |

Pengurangan Bilangan Oktal

Proses pengurangan bilangan oktal sama seperti proses pengurangan bilangan desimal. Jika bilangan yang dikurangi lebih kecil, dari pada bilangan pengurangnya maka dilakukan peminjaman (*borrow*) dari digit yang lebih tinggi. Bobot *borrow* 1 sesuai besar radix bilangan oktal, yakni 8.

Contoh : $A = 326_8$ dikurangi $B = 131_8$

$$\begin{array}{r}
 A = \quad (3 \ 2 \ 6)_8 = 214_{10} \\
 B = \quad (1 \ 3 \ 1)_8 = 89_{10} \\
 \text{borrow} \quad \mathbf{1} \quad - \\
 \hline
 A+B = \quad (1 \ 7 \ 5)_8 = 125_{10}
 \end{array}$$

$$6 - 1 = 5$$

$$(2 + \text{borrow}) - 3 = (2 + 8) - 3 = 7$$

$$(3 - \text{borrow}) - 1 = (3 - 1) - 1 = 1$$

Pengurangan Bilangan Heksadesimal

Proses pengurangan bilangan heksadesimal sama seperti proses pengurangan bilangan desimal. Jika bilangan yang dikurangi lebih kecil, dari pada bilangan pengurangnya maka dilakukan peminjaman (*borrow*) dari digit yang lebih tinggi. Bobot *borrow* 1 sesuai besar radix bilangan heksadesimal, yakni 16.

Contoh : $A = 6A3_{16}$ dan $B = 2F1_{16}$

$$\begin{array}{r}
 A = \quad (6 \ A \ 3)_{16} = 1699_{10} \\
 B = \quad (2 \ F \ 1)_{16} = 753_{10} \\
 \text{borrow} \quad \mathbf{1} \quad - \\
 \hline
 A+B = \quad (3 \ B \ 2)_{16} = 946_{10}
 \end{array}$$

$$3 - 1 = \mathbf{2}$$

$$\begin{aligned}
 (A_{16} + \text{borrow}) - F_{16} &= (A_{16} + 10_{16}) - F_{16} \\
 &= (10_{10} + 16_{10}) - 15_{10} \\
 &= 26_{10} - 15_{10} \\
 &= 11_{10} \\
 &= \mathbf{B}_{16}
 \end{aligned}$$

$$(6 - \text{borrow}) - 2 = (6 - 1) - 2 = \mathbf{3}$$

3. Perkalian

Perkalian berarti pengulangan proses penambahan sesuai dengan besarnya pengali. Perkalian bilangan biner mempunyai aturan yang sama dengan perkalian bilangan desimal. Misalnya, proses perkalian bilangan A dan B dilakukan dengan cara mengalikan secara individu setiap bit bilangan A dengan

setiap bit bilangan B, kemudian semua hasil perkaliannya ditambahkan menurut susunan bit yang sesuai. Perhatikan bobot setiap posisi bit!

Contoh:

- **Perkalian**

$$\begin{array}{r} 1001 \\ \underline{110} \times \\ 0000 \\ 1001 \\ \underline{1001} + \\ 110110 \end{array}$$

4. Pembagian

Pembagian berarti pengulangan proses pengurangan sesuai dengan besarnya pembagi. Dan harus memperhatikan bobot setiap posisi. Pembagian bilangan biner mempunyai aturan yang sama dengan Pembagian bilangan desimal.

Contoh:

- **Pembagian**

$$\begin{array}{r} \underline{10} \\ 0101 \text{ / } 1010 \\ \underline{101} - \\ 00 \\ \underline{00} - \\ 0 \end{array}$$

Latihan

Jawab soal latihan berikut:

1. $1101_2 + 101_2 = \dots_2$
2. Hitung dengan komplemen, $1010_2 - 11_2 = \dots_2$
3. $(279)_{16} + (3A)_{16} = (\dots)_{16}$
4. $(367)_8 - (173)_2 = (\dots)_8$
5. $(1001)_2 \times (101)_2 = (\dots)_{10}$

E. Kode Bilangan

Sebuah rancangan sistem digital menggunakan kode-kode tertentu, sesuai kebutuhan dan tujuan untuk apa sebuah sistem digital dibangun. Beberapa diantara adalah *Binary Coded Desimal* (BCD), Excess-3 (XS3), Gray, dan *Alphanumeric*.

1. *Binary Coded Desimal*

1. *Binary Coded Desimal* (BCD)

BCD adalah pengkodean bilangan biner yang dibuat seperti bilangan desimal. Setiap 4 bit bilangan biner mewakili 1 digit bilangan desimal. Adapun bilangan terlarang dalam BCD adalah : 1010, 1011, 1100, 1101, 1110, 1111

Contoh : Bilangan desimal 45, diubah dalam bentuk biner biasa dan dalam kode BCD menjadi ;

$$45_{10} = 101101_2$$

(konversi ke bilangan biner)

$$45_{10} = 0100\ 0101_{\text{BCD}}$$

Dari kode BCD diatas terlihat bahwa ;

$$4 = 0100 ; \text{ dan } 5 = 0101$$

(konversi ke kode BCD, tiap angka desimal menjadi 4 bit biner)

$$\text{Mengubah kode BCD ke desimal : } 1001\ 0101\ 0111_{\text{BCD}} = 957_{10}$$

$$(9\ 5\ 7)_{10}$$

Table.1.6 Desimal terhadap biner dan kode BCD

| Desimal | Biner | BCD |
|---------|-------|-----------|
| 0 | 0000 | 0000 |
| 1 | 0001 | 0001 |
| 2 | 0010 | 0010 |
| 3 | 0011 | 0011 |
| 4 | 0100 | 0100 |
| 5 | 0101 | 0101 |
| 6 | 0110 | 0110 |
| 7 | 0111 | 0111 |
| 8 | 1000 | 1000 |
| 9 | 1001 | 1001 |
| 10 | 1010 | 0001 0000 |
| 11 | 1011 | 0001 0001 |
| 12 | 1100 | 0001 0010 |
| 13 | 1101 | 0001 0011 |

2. EXCESS-3 (XS3)

Pengkodean EXCESS-3 hampir sama dengan BCD, hanya saja setiap digit dari nilai desimal yang akan diubah ke kode EXCESS-3 harus ditambah dengan angka 3 terlebih dahulu.

Contoh : Bilangan desimal 64, diubah dalam kode EXCESS-3 ;

Langkah 1, menambahkan 3 pada setiap digit angka desimal:

$$\begin{array}{r} 6 \quad 4 \\ +3 \quad +3 \\ \hline 9 \quad 7 \end{array}$$

Langkah 2, angka hasil penjumlahan diubah ke biner :

$$\begin{array}{r} 9 \qquad 7 \\ 1001 \qquad 0111 \end{array}$$

Jadi $64_{10} = 1001 \ 0111_{XS3}$

3. GRAY

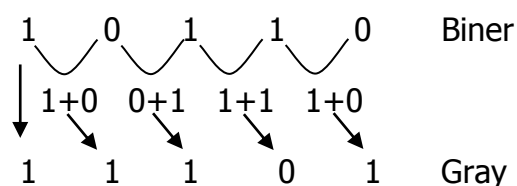
Kode Gray adalah susunan bit-bit kode yang berurutan, setiap hanya mengalami perubahan 1 bit saja. Dibawah ini Kode Gray berurutan jika dibandingkan dengan bilangan biner biasa:

Table.1.7 Kode Gray terhadap biner dan desimal

| Desimal | Biner | Gray |
|---------|-------|------|
| 0 | 0000 | 0000 |
| 1 | 0001 | 0001 |
| 2 | 0010 | 0011 |
| 3 | 0011 | 0010 |
| 4 | 0100 | 0110 |
| 5 | 0101 | 0111 |
| 6 | 0110 | 0101 |
| 7 | 0111 | 0100 |
| 8 | 1000 | 1100 |
| 9 | 1001 | 1101 |
| 10 | 1010 | 1111 |
| 11 | 1011 | 1110 |
| 12 | 1100 | 1010 |
| 13 | 1101 | 1011 |
| 14 | 1110 | 1001 |
| 15 | 1111 | 1000 |

Cara mengubah biner ke kode Gray adalah bit pertama kode Gray samadengan bit biner, bit selanjutnya adalah nilai penjumlahan antara bit biner pertama dengan bit biner yang kedua, dan seterusnya (*carry* diabaikan).

Contoh : 10110 biner diubah menjadi kode Gray



Jadi kode Gray dari biner 10110_{BIN} adalah 11101_{GRAY}

4. Alphanumeric

Banyak sistem digital menggunakan data alfabetik dan tanda khusus (seperti tanda baca dan simbol matematika). Kode seperti itu disebut dengan kode Alphanumeric. Sebagai contoh : " DOA IBU " akan disimpan di dalam komputer sebagai berikut :

010100 100110 010001 110000 011001 010010 110100
D O A I B U

Kode internal 6 bit seperti di atas dapat menyatakan sampai 64 tanda yang berbeda, karena $2^6 = 64$. Kode-kode seperti ini sering digunakan di dalam komputer kebutuhan. Namun dalam pemakaian tertentu, membutuhkan lebih dari 64 tanda. Hal ini menyebabkan perlunya dirancang kode-kode 7 bit dan 8 bit. Salah satu kode semacam ini adalah *American Standard Codes for Information Interchange* (ASCII). ASCII yang memiliki 7 bit menunjukkan bahwa kode ini dapat menyatakan $2^7 = 128$ tanda berbeda.

Tabel.1.8 Tanda Huruf dan Kode ASCII :

| Tanda | Kode Internal 6-Bit | Kode ASCII 7-Bit | Tanda | Kode Internal 6-Bit | Kode ASCII 7-Bit |
|-------|---------------------|------------------|-------|---------------------|------------------|
| A | 010 001 | 100 0001 | Y | 111 000 | 101 1001 |
| B | 010 010 | 100 0010 | Z | 111 001 | 101 1010 |
| C | 010 011 | 100 0011 | 0 | 000 000 | 011 0000 |
| D | 010 100 | 100 0100 | 1 | 000 001 | 011 0001 |
| E | 010 101 | 100 0101 | 2 | 000 010 | 011 0010 |
| F | 010 110 | 100 0110 | 3 | 000 011 | 011 0011 |
| G | 010 111 | 100 0111 | 4 | 000 100 | 011 0100 |
| H | 011 000 | 100 1000 | 5 | 000 101 | 011 0101 |
| I | 011 001 | 100 1001 | 6 | 000 110 | 011 0110 |
| J | 100 001 | 100 1010 | 7 | 000 111 | 011 0111 |
| K | 100 010 | 100 1011 | 8 | 001 000 | 011 1000 |
| L | 100 011 | 100 1100 | 9 | 001 001 | 011 1001 |
| M | 100 100 | 100 1101 | blank | 110 000 | 010 0000 |
| N | 100 101 | 100 1110 | . | 011 011 | 010 1110 |
| O | 100 110 | 100 1111 | (| 111 100 | 010 1000 |
| P | 100 111 | 101 0000 | + | 010 000 | 010 1011 |
| Q | 101 000 | 101 0001 | \$ | 101 011 | 010 0100 |
| R | 101 001 | 101 0010 | * | 101 100 | 010 1010 |
| S | 110 010 | 101 0011 |) | 011 100 | 010 1001 |
| T | 110 011 | 101 0100 | - | 100 000 | 010 1101 |
| U | 110 100 | 101 0101 | / | 110 001 | 010 1111 |
| V | 110 101 | 101 0110 | , | 111 011 | 010 1100 |
| W | 110 110 | 101 0111 | = | 001 011 | 011 1101 |
| X | 110 111 | 101 1000 | | | |

Kode ASCII me-representasikan kode-kode untuk :

Angka (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 , 9)

Huruf (a – z, A – Z)

Simbol (&, ^, %, \$, @,)

Tombol (Enter, Esc, Backspace, Space, Tab, Shif, Ctrl)

Unicode

Salah satu kekurangan dari ASCII adalah hanya bisa memiliki 256 karakter berbeda. Sedangkan untuk penulisan huruf atau aksara dari bahasa lainnya seperti aksara Jawa, Cina, Jepang dan Arab, dibutuhkan kode yang bisa mengkodekan ribuan karakter, sehingga ASCII tidak dapat menanganinya. Solusinya adalah Unicode.

Unicode memungkinkan untuk menangani sampai dengan 65.536 karakter berbeda. Unicode jauh lebih kompleks daripada ASCII sehingga tidak semua sistem operasi menerapkannya. Beberapa sistem operasi yang sudah mendukung Unicode adalah sistem operasi dari keluarga Linux PC, Windows PC dan Mac PC.

Contoh unicode aksara Jawa yang telah dikembangkan :

Tabel.1.9 Unicode Aksara Jawa standar 6.1 (kode dalam hexadesimal)

| Kode | A98 | A99 | A9A | A9B | A9C | A9D |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | ꦱ | ꦲ | ꦱ | ꦲ | ꦱ | ꦲ |
| | A980 | A990 | A9A0 | A9B0 | A9C0 | A9D0 |
| 1 | ꦱ | ꦲ | ꦱ | ꦲ | ꦱ | ꦲ |
| | A981 | A991 | A9A1 | A9B1 | A9C1 | A9D1 |
| 2 | ꦱ | ꦲ | ꦱ | ꦲ | ꦱ | ꦲ |
| | A982 | A992 | A9A2 | A9B2 | A9C2 | A9D2 |
| 3 | ꦱ | ꦲ | ꦱ | ꦲ | ꦱ | ꦲ |
| | A983 | A993 | A9A3 | A9B3 | A9C3 | A9D3 |
| 4 | ꦱ | ꦲ | ꦱ | ꦲ | ꦱ | ꦲ |
| | A984 | A994 | A9A4 | A9B4 | A9C4 | A9D4 |
| 5 | ꦱ | ꦲ | ꦱ | ꦲ | ꦱ | ꦲ |
| | A985 | A995 | A9A5 | A9B5 | A9C5 | A9D5 |

| Kode | A98 | A99 | A9A | A9B | A9C | A9D |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 6 | ၆ | ၆ | ၆ | ၆ | ၆ | ၆ |
| | A986 | A996 | A9A6 | A9B6 | A9C6 | A9D6 |
| 7 | ၇ | ၇ | ၇ | ၇ | ၇ | ၇ |
| | A987 | A997 | A9A7 | A9B7 | A9C7 | A9D7 |
| 8 | ၈ | ၈ | ၈ | ၈ | ၈ | ၈ |
| | A988 | A998 | A9A8 | A9B8 | A9C8 | A9D8 |
| 9 | ၉ | ၉ | ၉ | ၉ | ၉ | ၉ |
| | A989 | A999 | A9A9 | A9B9 | A9C9 | A9D9 |
| A | ၁ | ၁ | ၁ | ၁ | ၁ | |
| | A98A | A99A | A9AA | A9BA | A9CA | |
| B | ၂ | ၂ | ၂ | ၂ | ၂ | |
| | A98B | A99B | A9AB | A9BB | A9CB | |
| C | ၃ | ၃ | ၃ | ၃ | ၃ | |
| | A98C | A99C | A9AC | A9BC | A9CC | |
| D | ၄ | ၄ | ၄ | ၄ | ၄ | |
| | A98D | A99D | A9AD | A9BD | A9CD | |
| E | ၅ | ၅ | ၅ | ၅ | | ၅ |
| | A98E | A99E | A9AE | A9BE | | A9DE |
| F | ၆ | ၆ | ၆ | ၆ | ၆ | ၆ |
| | A98F | A99F | A9AF | A9BF | A9CF | A9DF |

Contoh pembacaan tabel:
Kode A997 adalah kode untuk aksara JA ၇

Latihan

Bagaimana kode dari tanda-tanda berikut?

1. $14_{10} = \dots\dots\dots$ BCD
2. $14_{10} = \dots\dots\dots$ XS3
3. $26_{10} = \dots\dots\dots_2 = \dots\dots\dots$ GRAY
4. KASIH = $\dots\dots\dots$ (ASCII 7 bit)
5. A984 (Unicode 6.1) = $\dots\dots\dots$

Rangkuman

Analog adalah gejala yang bersifat terus-menerus atau kontinyu

Digital adalah gejala yang bersifat deskrit atau diskontinyu (kebalikan analog)

Pembobotan nilai sistem bilangan :

| BINER, basis 2 anggota 0 dan 1 | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|------|------------------|
| Posisi (n) | BINER BULAT | | | | | | BINER PECAHAN | | | |
| | n | | 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | | -n |
| Bobot (2 ⁿ) | 2 ⁿ | | 2 ³ | 2 ² | 2 ¹ | 2 ⁰ | 2 ⁻¹ | 2 ⁻² | | 2 ⁻ⁿ |
| | | | 8 | 4 | 2 | 1 | 1/2 | 1/4 | | 1/2 ⁿ |

| DESIMAL, basis 10 anggota 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------|-------------------|
| Posisi (n) | DESIMAL BULAT | | | | | | DESIMAL PECAHAN | | | |
| | n | | 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | | -n |
| Bobot (10 ⁿ) | 10 ⁿ | | 10 ³ | 10 ² | 10 ¹ | 10 ⁰ | 10 ⁻¹ | 10 ⁻² | | 10 ⁻ⁿ |
| | | | 1000 | 100 | 10 | 1 | 1/10 | 1/100 | | 1/10 ⁿ |

| OKTAL, basis 8 anggota 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | | | | | | | | | | |
|---|----------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|------|------------------|
| Posisi (n) | OKTAL BULAT | | | | | | OKTAL PECAHAN | | | |
| | n | | 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | | -n |
| Bobot (8 ⁿ) | 8 ⁿ | | 8 ³ | 8 ² | 8 ¹ | 8 ⁰ | 8 ⁻¹ | 8 ⁻² | | 8 ⁻ⁿ |
| | | | 512 | 64 | 8 | 1 | 1/8 | 1/64 | | 1/8 ⁿ |

| HEXADESIMAL, basis 16 anggota 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|------------------|------|-------------------|
| Posisi (n) | HEXADESIMAL BULAT | | | | | | HEXADESIMAL PECAHAN | | | |
| | n | | 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | | -n |
| Bobot (16 ⁿ) | 16 ⁿ | | 16 ³ | 16 ² | 16 ¹ | 16 ⁰ | 16 ⁻¹ | 16 ⁻² | | 16 ⁻ⁿ |
| | | | 4.096 | 256 | 16 | 1 | 1/16 | 1/256 | | 1/16 ⁿ |

Konversi kode dan sistem bilangan :

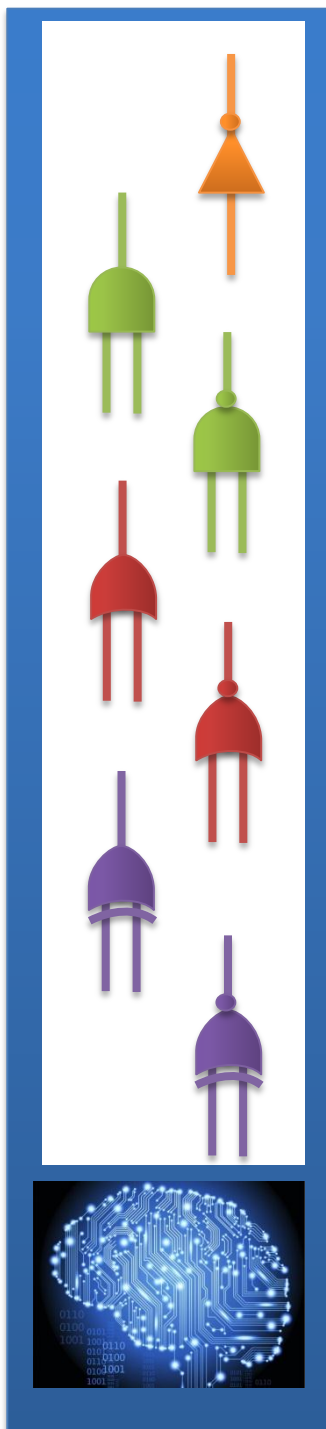
| Desimal | Biner | Gray | BCD | Okta | Heksadesimal |
|---------|-------|------|-----------|------|--------------|
| 0 | 0000 | 0000 | 0000 | 0 | 0 |
| 1 | 0001 | 0001 | 0001 | 1 | 1 |
| 2 | 0010 | 0011 | 0010 | 2 | 2 |
| 3 | 0011 | 0010 | 0011 | 3 | 3 |
| 4 | 0100 | 0110 | 0100 | 4 | 4 |
| 5 | 0101 | 0111 | 0101 | 5 | 5 |
| 6 | 0110 | 0101 | 0110 | 6 | 6 |
| 7 | 0111 | 0100 | 0111 | 7 | 7 |
| 8 | 1000 | 1100 | 1000 | 10 | 8 |
| 9 | 1001 | 1101 | 1001 | 11 | 9 |
| 10 | 1010 | 1111 | 0001 0000 | 12 | A |
| 11 | 1011 | 1110 | 0001 0001 | 13 | B |
| 12 | 1100 | 1010 | 0001 0010 | 14 | C |
| 13 | 1101 | 1011 | 0001 0011 | 15 | D |
| 14 | 1110 | 1001 | 0001 0100 | 16 | E |
| 15 | 1111 | 1000 | 0001 0101 | 17 | F |

Evaluasi

Jawablah soal-soal di bawah ini!

- 1) Apa sajakah yang harus dimiliki sistem bilangan? Jelaskan!
- 2) Sebutkan dan jelaskan 4 sistem bilangan!
- 3) Hitung operasi aritmatika biner berikut ini:
 - a.
$$\begin{array}{r} 1011 \\ 0101 + \\ \hline \end{array}$$
 - b.
$$\begin{array}{r} 1011 \\ 0111 - \\ \hline \end{array}$$
 - c. $1010 / 0101 = \dots\dots\dots$
 - d. $1001 \times 110 = \dots\dots\dots$
- 4) Konversikan bilangan-bilangan berikut :
 - a. $542_{10} = \dots\dots_2 = \dots\dots_8 = \dots\dots_{16}$
 - b. $1001\ 1011_2 = \dots\dots_{10} = \dots\dots_8 = \dots\dots_{16}$
- 5) Jelaskan apa yang dimaksud dengan BCD beserta contohnya!
- 6) Jelaskan apa yang dimaksud dengan XS3 beserta contohnya!
- 7) Jelaskan apa yang dimaksud dengan GRAY beserta contohnya!
- 8) Jelaskan apa yang dimaksud dengan alfanumerik beserta contohnya!
- 9) Kodekan bilangan berikut menjadi BCD, XS3 dan GRAY!
 - a. 22_{10}
 - b. 35_8
 - c. $1F_{16}$
- 10) Lengkapilah :
 - a. Standard Kode untuk Informasi Interchange dari Amerika adalah.....
 - b. Selain pengkodean standar Amerika, pengkodean dengan memori yang lebih banyak adalah

Operasi Gerbang Logika



Materi :

- A. Gerbang Logika**
- B. Teorema Boolean**
- C. Gerbang Universal**
- D. IC Gerbang**

Tujuan Pembelajaran :

- A. Dapat menjelaskan operasi berbagai gerbang logika dasar**
- B. Dapat menjelaskan teorema Boolean**
- C. Dapat menjelaskan berbagai jenis IC Gerbang IC TTL dan IC CMOS**

Motivasi

Sejak ditemukannya transistor pada 1947 oleh Walter Houser Brattain bersama John Bardeen dan William Shockley, perkembangan teknologi digital semakin pesat. Salah satu fungsi transistor adalah sebagai saklar. Kita ketahui, gejala on-off pada saklar layaknya sistem bilangan biner.



Gambar.2.1 Transistor pertama dan penemunya

Pada tahun 1971 tercipta prosesor Intel 4004 yang memuat 2300 transistor didalamnya, hingga pada 2013 AMD telah menciptakan prosesor game konsol yang didalamnya memuat 5 milyar transistor. Semakin banyak transistor yang tertanam dalam sebuah prosesor, maka semakin banyak tugas logika yang bisa dikerjakan oleh sebuah sistem komputasi digital, sehingga komputer akan bekerja semakin hebat.



Gambar.2.2 Prosesor konsol game AMD yang dirancang bersama Microsoft

Bagaimana sebuah komputer berlogika?

Mari kita pelajari gerbang logika dasar.

Semangat belajar!

A. Gerbang Logika

Realisasi teknik pada rangkaian logika berhubungan erat dengan 5 macam sifat penjabaran dan penggambaran, 5 sifat tersebut adalah :

- Simbol logika
- Tabel kebenaran
- Fungsi logika
- Diagram pulsa
- Rangkaian persamaan listrik

Aljabar Boolean adalah salah satu aljabar yang berkaitan dengan variabel-variabel biner dan operasi-operasi logika, tanda kurung dan tanda "=" . Untuk sebuah nilai yang diberikan pada variabel, fungsi Boolean dapat bernilai 1 atau 0. Variabel-variabel dalam aljabar Boolean dinyatakan dengan huruf-huruf seperti : A, B, C, ..., X, Y, Z.

Beberapa representasi variabel Boolean diberikan pada table di bawah ini :

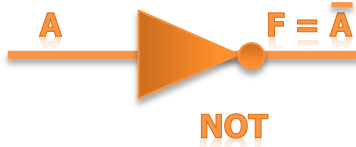
Tabel.2.1 Representasi Variabel Boolean

| Logika 0 | Logika 1 |
|----------------------------------|------------------------------------|
| <i>False</i> (Salah) | <i>True</i> (Benar) |
| <i>Off</i> (Mati) | <i>On</i> (Menyala) |
| <i>Low</i> (Turun) | <i>High</i> (Naik) |
| <i>No</i> (Tidak) | <i>Yes</i> (Ya) |
| <i>Open Switch</i> (Saklar buka) | <i>Close Switch</i> (Saklar Tutup) |

Pada aljabar Boolean terdapat tiga operasi logika dasar yaitu NOT (inverter), AND dan OR. Gerbang-gerbang logika tersebut menyusun untai-untai digital yang tersusun atas kombinasi diode, transistor, dan resistor yang terhubung sedemikian rupa sebagai output dari hasil operasi input logika dasar (NOT, AND, OR).

Hubungan antar sebuah fungsi dengan variabel-variabel binernya dapat disajikan dalam bentuk sebuah tabel : Tabel Kebenaran (*Truth Table*). Untuk menyajikan sebuah fungsi dalam sebuah tabel kebenaran, dibutuhkan daftar 2^n kombinasi 1 dan 0 dari n buah variabel biner.

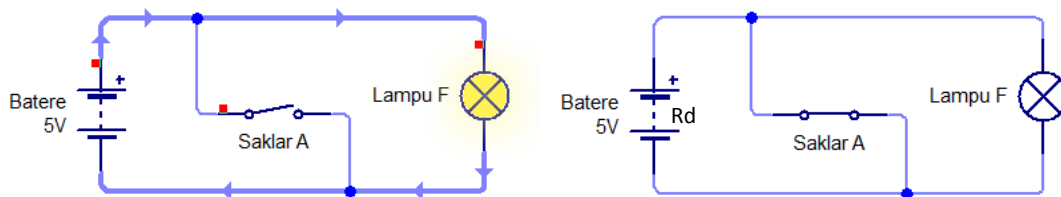
1. Gerbang NOT



Merupakan gerbang logika dengan satu sinyal masukan dan satu sinyal keluaran dimana sinyal keluaran selalu berlawanan dengan keadaan sinyal masukan. Gerbang NOT disebut juga *inverter* atau gerbang komplemen (lawan).

Gambar.2.3 Gerbang NOT

Contoh Rangkaian Listrik NOT :

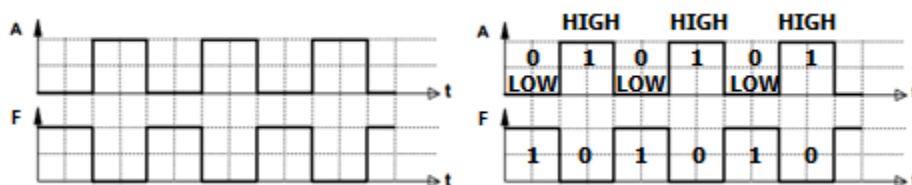


Gambar.2.4 Contoh rangkaian listrik NOT

Pada contoh rangkaian listrik, sinyal A dilambangkan dengan saklar yang dipasang di dalam sebuah rangkaian lampu sebagai penghubung singkat (*short circuit*). Penting diketahui, hubungan singkat pada sebuah rangkaian tanpa adanya beban adalah bahaya, bisa menimbulkan kebakaran. Oleh karena itu, baterai 5 volt pada rangkaian di atas diasumsikan mempunyai “beban dalam” atau R_d sebesar 5 Ohm. Contoh lain penerapan fungsi NOT adalah pada lampu *emergency*. Jika listrik PLN nyala, lampu *emergency* mati. Jika listrik PLN mati, lampu *emergency* nyala.

Saat kondisi saklar A terbuka (logika 0), kondisi lampu F menyala (logika 1). Jika saklar A ditekan (logika 1) lampu F mati (logika 0). Penulisan nilai invert biasanya dengan garis atas seperti \bar{A} atau dengan satu tanda petik seperti A' .

Diagram Pulsa NOT :



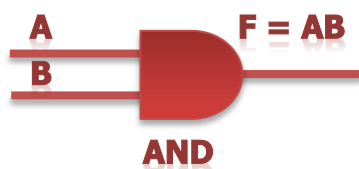
Gambar.2.5 Diagram Pulsa NOT

Sinyal A adalah sinyal kotak (pulsa) input, dan fungsi F adalah output. Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa fungsi gerbang NOT membalikkan sinyal A. Saat A kondisi *HIGH* (logika 1), maka kondisi F adalah *LOW* (logika 0).

Tabel.2.2 Tabel Kebenaran Gerbang NOT

| Gerbang NOT | |
|-------------|---------------|
| Input | Output |
| A | $F = \bar{A}$ |
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

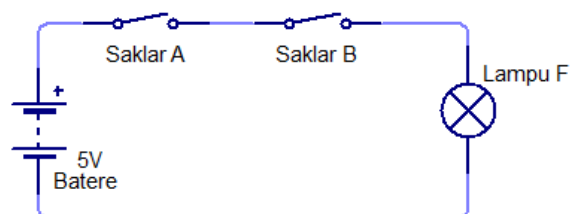
2. Gerbang AND



Mempunyai dua atau lebih dari dua sinyal masukan tetapi hanya mempunyai satu sinyal keluaran. Output akan berlogika 1 jika semua input berlogika 1, salah satu saja input 0 maka output berlogika 0.

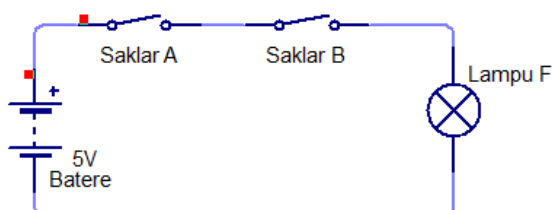
Gambar.2.6 Gerbang AND

Contoh Rangkaian Listrik AND :



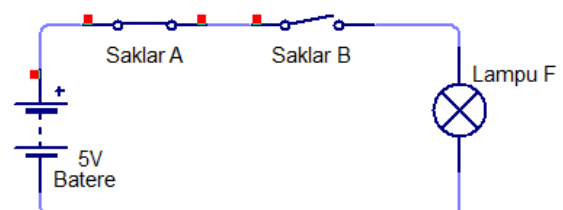
Gambar.2.7 Contoh rangkaian listrik AND

Pada contoh rangkaian listrik AND, saklar A dan saklar B dipasang secara serial. Berikut ini adalah kondisi saklar A dan saklar B terhadap lampu F:



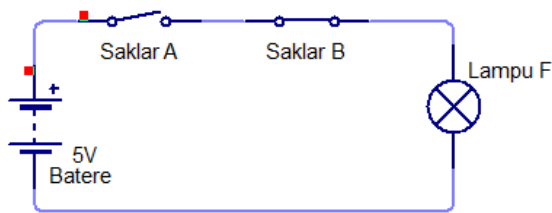
A off, B off, lampu F mati

$A=0, B=0, F=0$

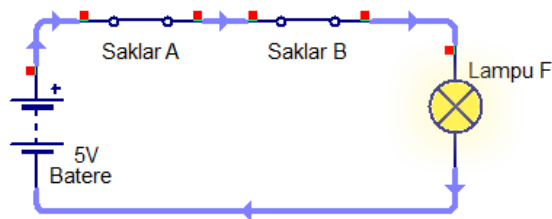


A on, B off, lampu F mati

$A=1, B=0, F=0$

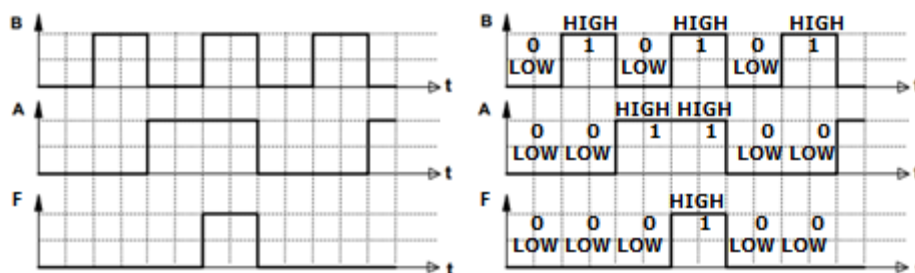


A off, B on, lampu F mati
 $A=0, B=1, F=0$



A on, B on, lampu F nyala
 $A=1, B=1, F=1$

Diagram Pulsa AND :



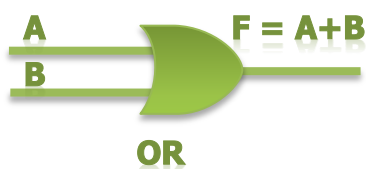
Gambar.2.8 Diagram Pulsa AND

Sinyal A dan B adalah sinyal kotak (pulsa) input, dan fungsi F adalah output. Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa. Fungsi F akan *HIGH* (logika 1) pada saat A dan B sama-sama dalam kondisi *HIGH* (logika 1).

Tabel.2.3 Tabel Kebenaran Gerbang AND

| Gerbang AND | | |
|-------------|---|----------|
| Input | | Output |
| A | B | $F = AB$ |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

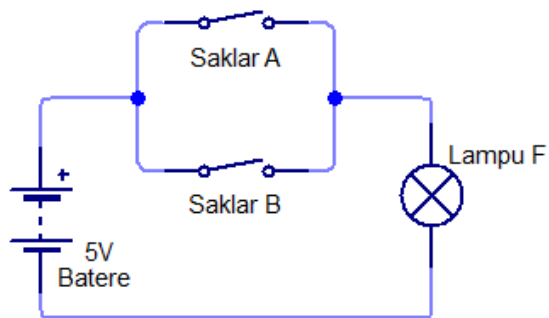
3. Gerbang OR



Gambar.2.9 Gerbang OR

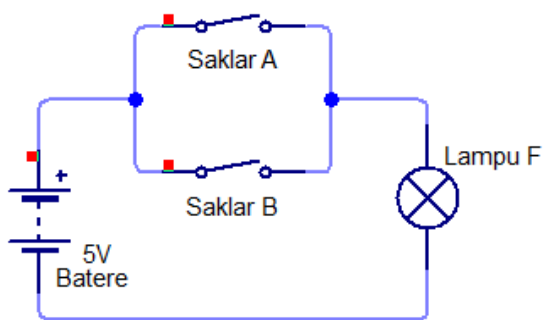
Mempunyai dua atau lebih sinyal masukan tetapi hanya satu sinyal keluaran. Output akan berlogika 0 jika semua input berlogika 0, salah satu saja input 1 maka output berlogika 1.

Contoh Rangkaian Listrik OR :

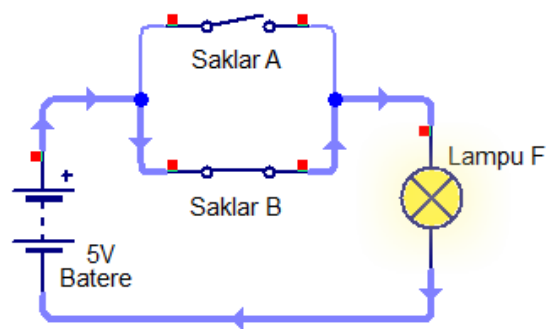


Gambar.2.10 Contoh rangkaian listrik OR

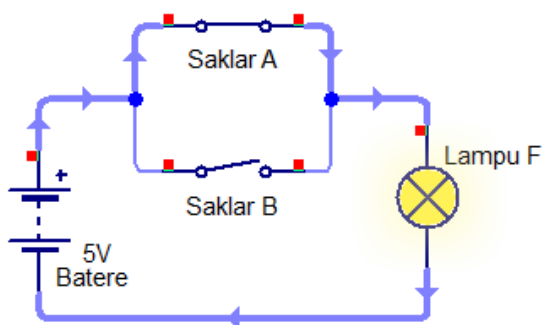
Pada contoh rangkaian listrik OR, saklar A dan saklar B dipasang secara paralel. Berikut ini adalah kondisi saklar A dan saklar B terhadap lampu F:



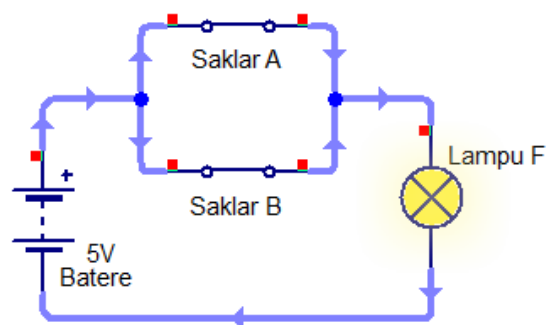
A off, B off, lampu F mati
 $A=0, B=0, F=0$



A off, B on, lampu F nyala
 $A=0, B=1, F=1$

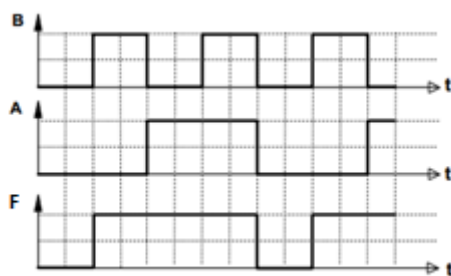


A on, B off, lampu F nyala
 $A=1, B=0, F=1$



A on, B on, lampu F nyala
 $A=1, B=1, F=1$

Diagram Pulsa OR :

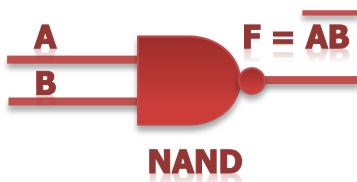


Gambar.2.11 Diagram Pulsa OR

Tabel.2.4 Tabel Kebenaran OR

| Gerbang OR | | |
|------------|---|-------------|
| Input | | Output |
| A | B | $F = A + B$ |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

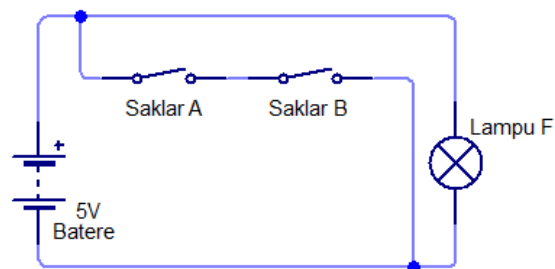
4. Gerbang NAND



Not AND atau NAND mempunyai dua atau lebih sinyal masukan tetapi hanya mempunyai satu sinyal keluaran. Output akan berlogika 0 jika semua input berlogika 1, salah satu saja input 0 maka output berlogika 1 (kebalikan dari AND).

Gambar.2.12 Gerbang NAND

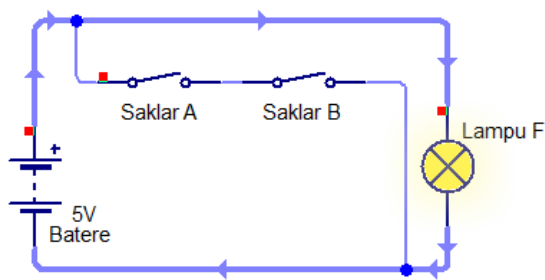
Contoh Rangkaian Listrik NAND :



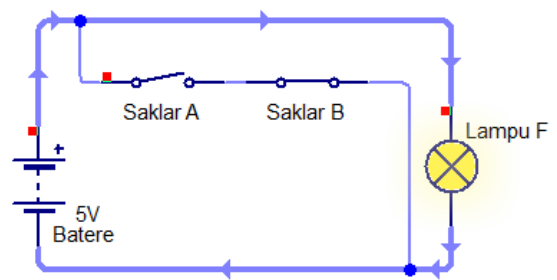
Gambar.2.13 Contoh rangkaian listrik NAND

Pada contoh rangkaian listrik NAND, saklar A dan saklar B dipasang secara seri, namun sebagai penghubung pendek (*short circuit*) dengan asumsi R_d batere 5 Ohm.

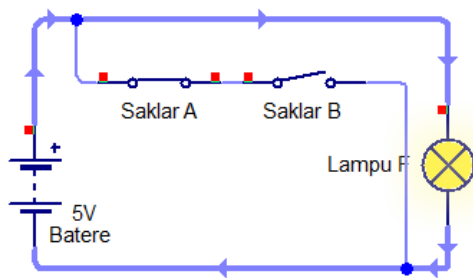
Berikut ini adalah kondisi saklar A dan saklar B terhadap lampu F:



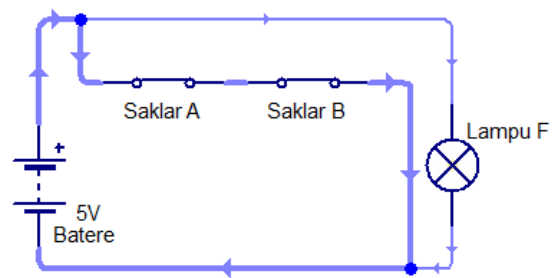
A off, B off, lampu F nyala
 $A=0, B=0, F=1$



A off, B on, lampu F nyala
 $A=0, B=1, F=1$

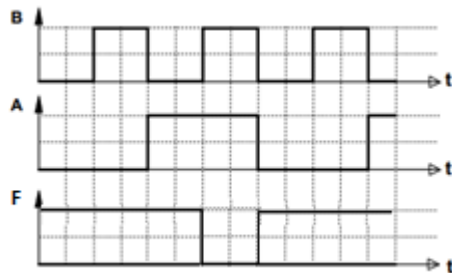


A on, B off, lampu F nyala
 $A=1, B=0, F=1$



A on, B on, lampu F mati
 $A=1, B=1, F=0$

Diagram Pulsa NAND :

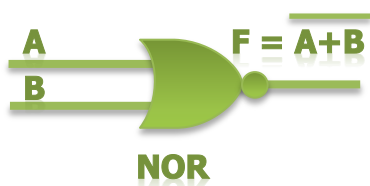


Gambar.2.14 Diagram Pulsa NAND

Tabel.2.5 Tabel Kebenaran NAND

| Gerbang NAND | | |
|--------------|---|----------|
| Input | | Output |
| A | B | $F = AB$ |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

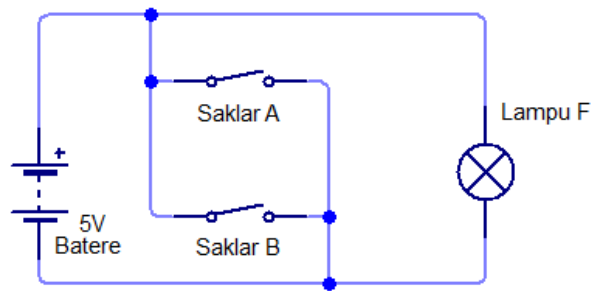
5. Gerbang NOR



Gambar.2.15 Gerbang NOR

Gerbang NOR, atau Not OR, mempunyai dua atau lebih dari dua sinyal masukan tetapi hanya satu sinyal keluaran. Output akan berlogika 1 jika semua input berlogika 0, salah satu saja input 1 maka output berlogika 0 (kebalikan OR).

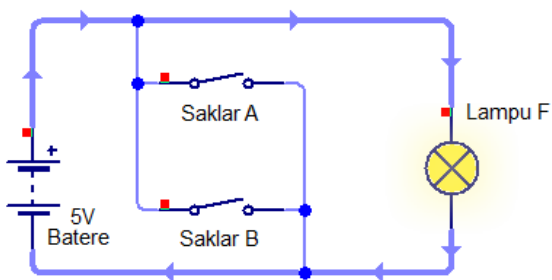
Contoh Rangkaian Listrik NOR :



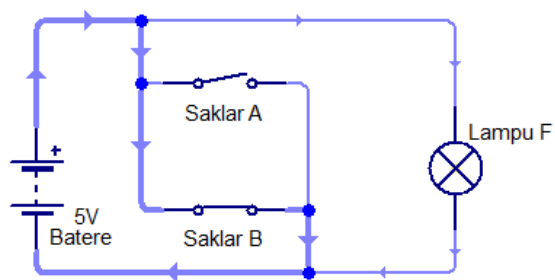
Gambar.2.16 Contoh rangkaian listrik NOR

Pada contoh rangkaian listrik NOR, saklar A dan saklar B dipasang secara paralel, namun sebagai penghubung pendek (*short circuit*) dengan asumsi R_d batere 5 Ohm.

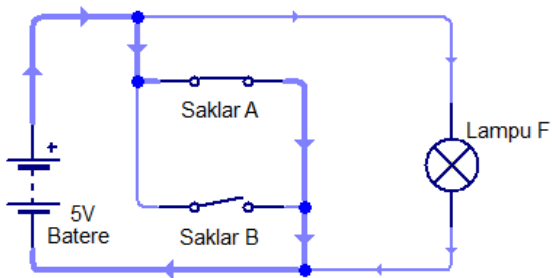
Berikut ini adalah kondisi saklar A dan saklar B terhadap lampu F:



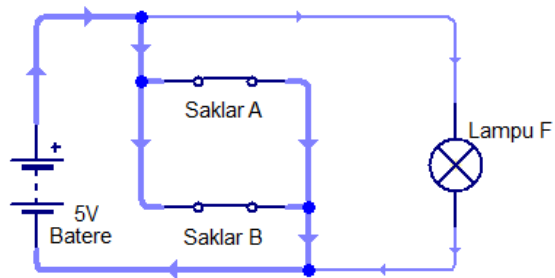
A off, B off, lampu F nyala
 $A=0, B=0, F=1$



A off, B on, lampu F mati
 $A=0, B=1, F=0$

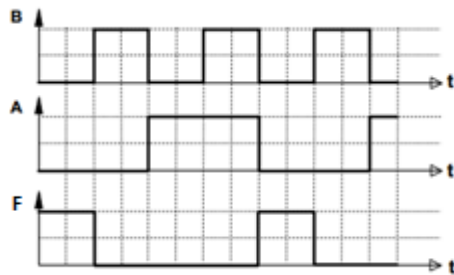


A on, B off, lampu F mati
 $A=1, B=0, F=0$



A on, B on, lampu F mati
 $A=1, B=1, F=0$

Diagram Pulsa NOR :

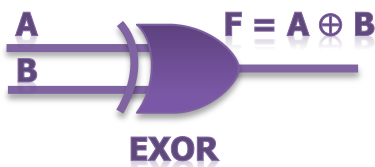


Gambar.2.17 Diagram Pulsa NOR

Tabel.2.6 Tabel Kebenaran NOR

| Gerbang NOR | | |
|-------------|---|------------------------|
| Input | | Output |
| A | B | $F = \overline{A + B}$ |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

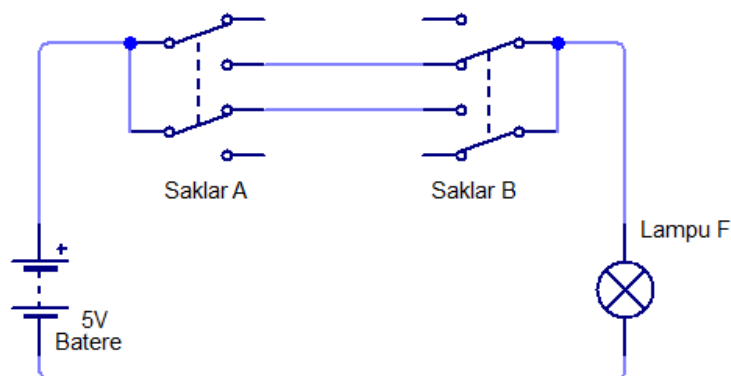
6. Gerbang EXOR



Exclusive OR atau EXOR mempunyai dua atau lebih dari dua sinyal masukan tetapi hanya satu sinyal keluaran. Output akan berlogika 1 jika input sebanyak ganjil (1,3,5,...dst) berlogika 1. Output akan berlogika 0 jika semua input 0, dan jika input sebanyak genap (2,4,6,...dst) berlogika 0.

Gambar.2.18 Gerbang EXOR

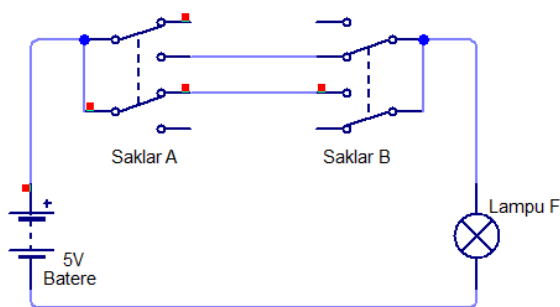
Contoh Rangkaian Listrik EXOR :



Gambar.2.19 Contoh rangkaian listrik EXOR

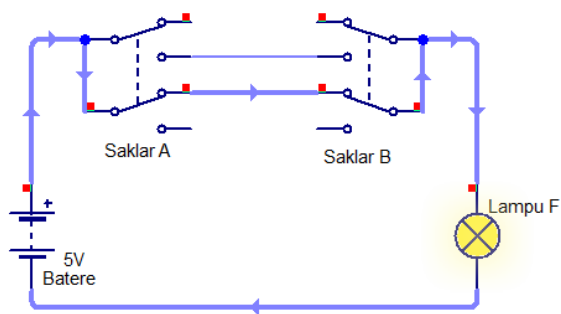
Pada contoh rangkaian listrik EXOR, saklar A dan saklar B adalah saklar DPDT (*dual pole dual throw*) berbeda dengan rangkaian sebelumnya yang menggunakan saklar SPST (*single pole single throw*).

Berikut ini adalah kondisi saklar A dan saklar B terhadap lampu F:



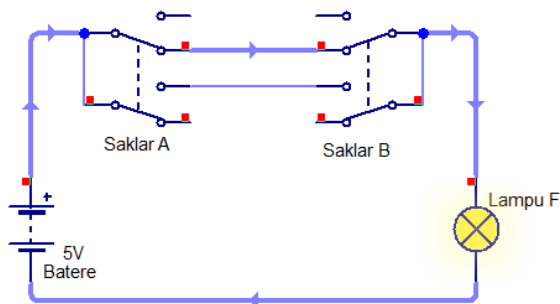
A off, B off, lampu F mati

$A=0, B=0, F=0$



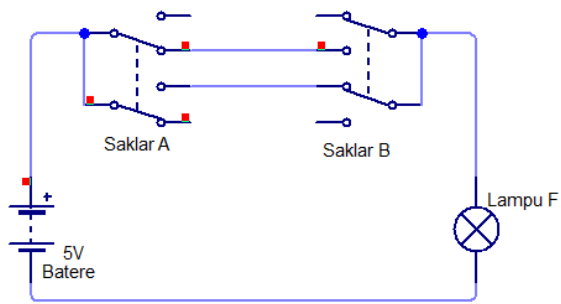
A off, B on, lampu F nyala

$A=0, B=1, F=1$



A on, B off, lampu F nyala

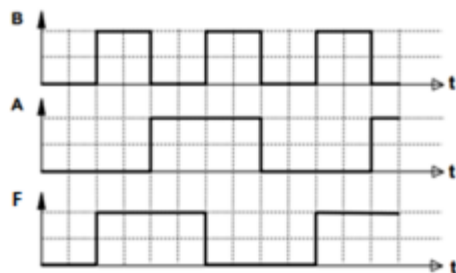
$A=1, B=0, F=1$



A on, B on, lampu F mati

$A=1, B=1, F=0$

Diagram Pulsa EXOR :

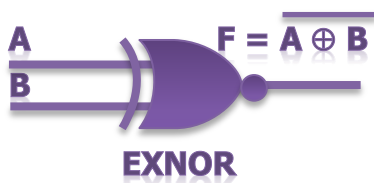


Gambar.2.20 Diagram Pulsa EXOR

Tabel.2.7 Tabel Kebenaran EXOR

| Gerbang EXOR | | |
|--------------|---|------------------|
| Input | | Output |
| A | B | $F = A \oplus B$ |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

7. Gerbang EXNOR

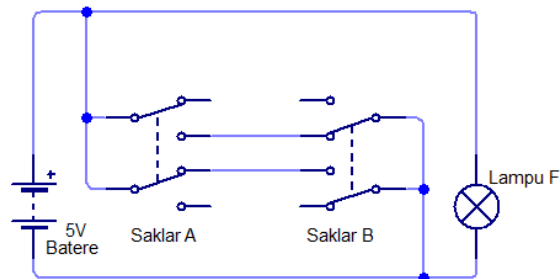


Exclusive Not OR atau EXNOR mempunyai dua atau lebih dari dua sinyal masukan tetapi hanya satu sinyal keluaran. Output akan berlogika 0 jika input sebanyak ganjil (1,3,5,..dst) berlogika 1, output akan berlogika 1 jika input sebanyak genap

Gambar.2.21 Gerbang EXNOR

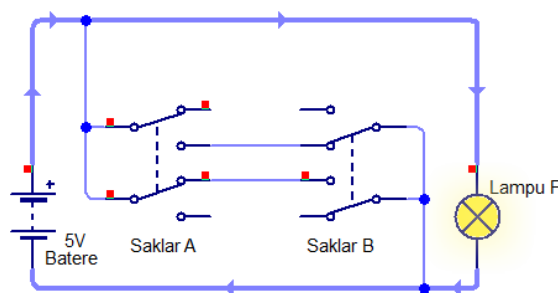
(2,4,6,...dst) berlogika 1 atau semua input berlogika 0 (kebalikan EXOR).

Contoh Rangkaian Listrik EXNOR :

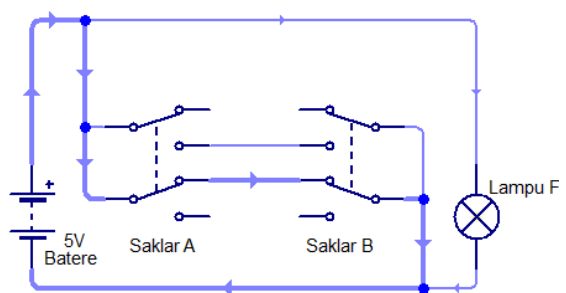


Gambar.2.22 Contoh rangkaian listrik EXNOR

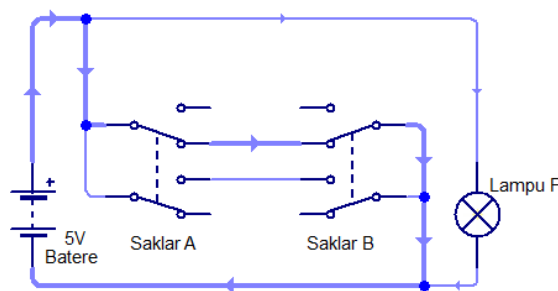
Pada contoh rangkaian listrik EXNOR, saklar A dan saklar B adalah saklar DPDT (*dual pole dual throw*) yang dirangkai sebagai penghubung pendek (*short circuit*). Berikut ini adalah kondisi saklar A dan saklar B terhadap lampu F:



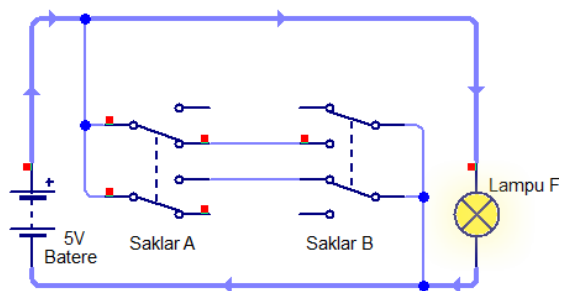
A off, B off, lampu F nyala
 $A=0, B=0, F=1$



A off, B on, lampu F mati
 $A=0, B=1, F=0$

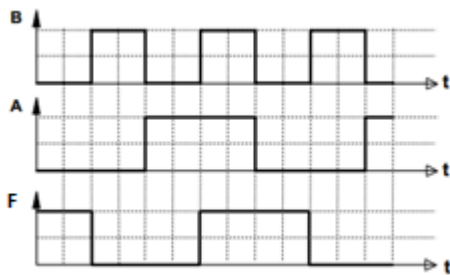


A on, B off, lampu F mati
 $A=1, B=0, F=0$



A on, B on, lampu F nyala
 $A=1, B=1, F=1$

Diagram Pulsa EXNOR :



Gambar.2.23 Diagram Pulsa EXNOR

Tabel.2.8 Tabel Kebenaran EXNOR

| Gerbang EXNOR | | |
|---------------|---|------------------|
| Input | | Output |
| A | B | $F = A \oplus B$ |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

Tabel.2.9 Tabel kebenaran gerbang logika dua input

| INPUT | | OUTPUT (F) | | | | | | |
|-------|---|--------------|-------------|------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|---|
| A | B | AND $A.B$ | OR $A+B$ | NOT \bar{A} | NAND $\overline{A.B}$ | NOR $\overline{A+B}$ | EXOR $\bar{A}.B+A.\bar{B}$ | EXNOR $\overline{\bar{A}.B+A.\bar{B}}$ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Mengingat Kembali

1. Bagaimanakah fungsi gerbang NOT ?
2. Bagaimanakah fungsi gerbang AND ?
3. Bagaimanakah fungsi gerbang OR ?
4. Bagaimanakah fungsi gerbang NAND ?
5. Bagaimanakah fungsi gerbang NOR ?
6. Bagaimanakah fungsi gerbang EXOR ?
7. Bagaimanakah fungsi gerbang EXNOR ?

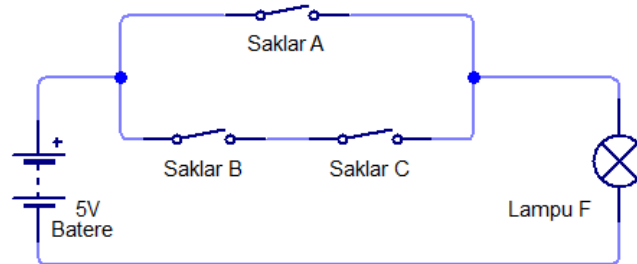
Latihan

1. Jika $A = 1$, maka $\bar{A} = \dots$
2. Jika $B = 0$, maka $\bar{B} = \dots$
3. Jika $A = 0$, dan $B = 1$, maka $A + \bar{B} = \dots$
4. Jika $A = 0$, dan $B = 1$, maka $\bar{A}.B = \dots$
5. Jika $A = 1$, dan $B = 0$, maka $\bar{A} \oplus \bar{B} = \dots$

Diskusi

Bentuk kelompok, setiap kelompok terdiri atas 2 atau 3 orang, diskusikan:

1. Bagaimana gambar rangkaian listrik dan gerbang dari fungsi $F = (A + B) \cdot C$?
2. Bagaimana fungsi dari gambar rangkaian listrik dibawah ini?



Gambar.2.24 Rangkaian lampu F

B. Teorema Boolean

Teorema Boolean juga sering disebut aljabar Bool, digunakan untuk menyederhanakan fungsi-fungsi suatu untai digital. Tabel di bawah ini merupakan sifat-sifat aljabar Boolean secara umum:

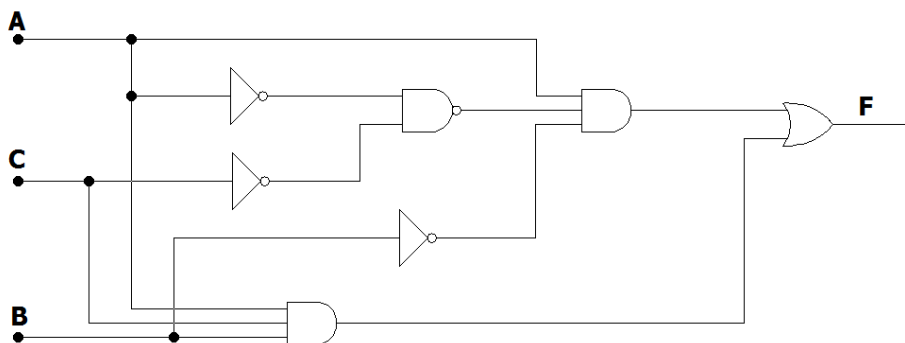
Tabel.2.10 Aljabar Bool

| No. | Eksprei dan Sifat Logika | Keterangan |
|----------------------|--------------------------|----------------------------|
| Satu Variabel | | |
| 1 | $A + 0 = A$ | <i>Bound Law</i> |
| 2 | $A + 1 = 1$ | |
| 3 | $A \cdot 0 = 0$ | |
| 4 | $A \cdot 1 = A$ | |
| 5 | $A + A = A$ | <i>Idempotent Law</i> |
| 6 | $A \cdot A = A$ | |
| 7 | $A + \bar{A} = 1$ | <i>Negation Law</i> |
| 8 | $A \cdot \bar{A} = 0$ | |
| 9 | $\bar{\bar{A}} = A$ | <i>Double Negation Law</i> |
| Dua Variabel | | |
| 10 | $A + B = B + A$ | <i>Commutative Law</i> |
| 11 | $A \cdot B = B \cdot A$ | |

| No. | Ekspresi dan Sifat Logika | Keterangan |
|---------------|---|-------------------------|
| 12 | $\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$ | <i>De Morgan's Law</i> |
| 13 | $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$ | |
| 14 | $A(A + B) = A$ | <i>Absorption Law</i> |
| 15 | $A + (AB) = A$ | |
| Tiga Variabel | | |
| 16 | $A + (B + C) = (A + B) + C$ | <i>Associative Law</i> |
| 17 | $A(BC) = (AB)C$ | |
| 18 | $A(B + C) = AB + AC$ | <i>Distributive Law</i> |
| 19 | $A + (BC) = (A + B) \cdot (A + C)$ | |
| 20 | $\overline{A + B + C} = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}$ | <i>De Morgan's Law</i> |
| 21 | $\overline{ABC} = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$ | |

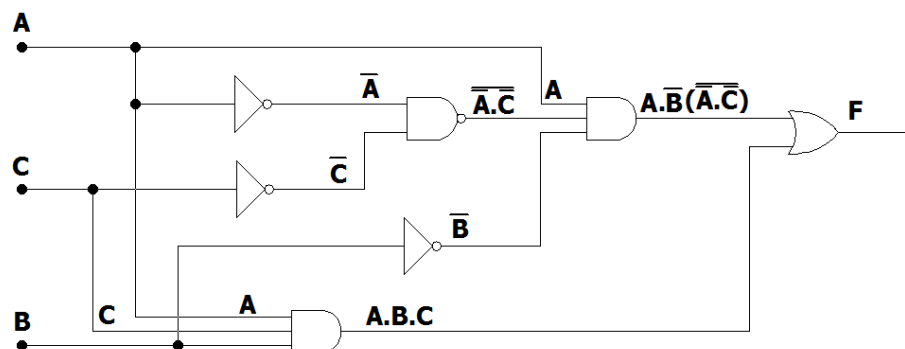
Contoh:

Tentukan dan sederhanakan fungsi berikut ini:



Gambar.2.25 Fungsi F belum diketahui

Pembahasan:



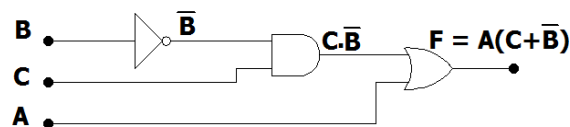
Gambar.2.26 Fungsi F sudah diketahui

Kita dapatkan $F = ABC + AB \cdot (\overline{A} \overline{C})$

Fungsi yang disederhanakan:

$$\begin{aligned} F &= ABC + A\bar{B} \cdot (\overline{\bar{A} \bar{C}}) && \text{De Morgan's Law, memisahkan } \overline{\bar{A} \bar{C}} \\ &= ABC + A\bar{B} \cdot (\bar{\bar{A}} + \bar{\bar{C}}) && \text{Double Negation Law, } \bar{\bar{A}} \text{ dan } \bar{\bar{C}} \\ &= ABC + A\bar{B} \cdot (A + C) && \text{Distributive Law, faktor A} \\ &= ABC + A\bar{B}A + A\bar{B}C && \text{Idempotent Law } A\bar{B}A, A \cdot A = A \\ &= ABC + A\bar{B} + A\bar{B}C && \text{Associative Law} \\ &= ABC + A\bar{B}C + A\bar{B} \\ &= AC(B + \bar{B}) + A\bar{B} && \text{Negation Law, } B + \bar{B} = 1 \\ &= AC(1) + A\bar{B} \\ &= AC + A\bar{B} && \text{Distributive Law, faktor A} \\ &= A(C + \bar{B}) \end{aligned}$$

Bentuk paling sederhana :



Gambar.2.27 Fungsi F disederhanakan

Latihan

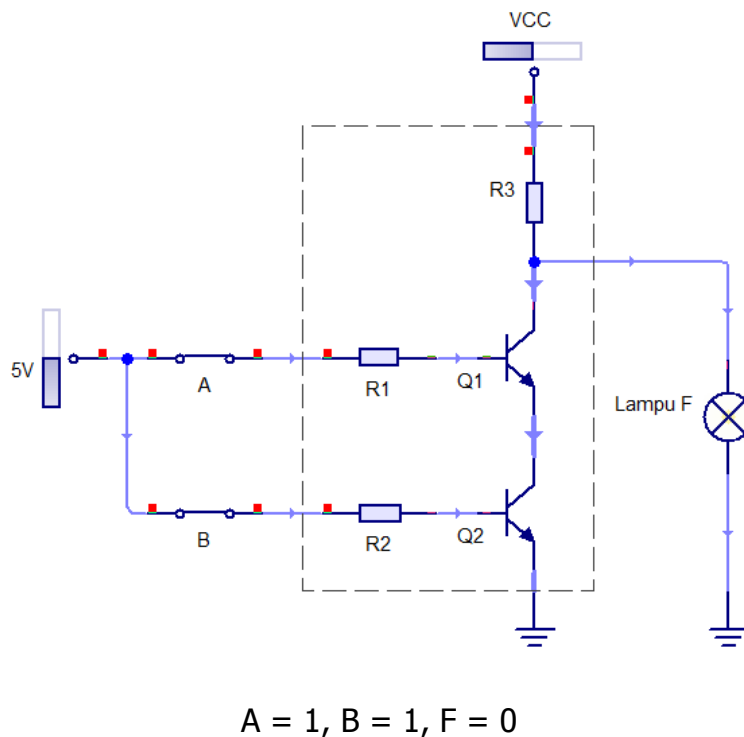
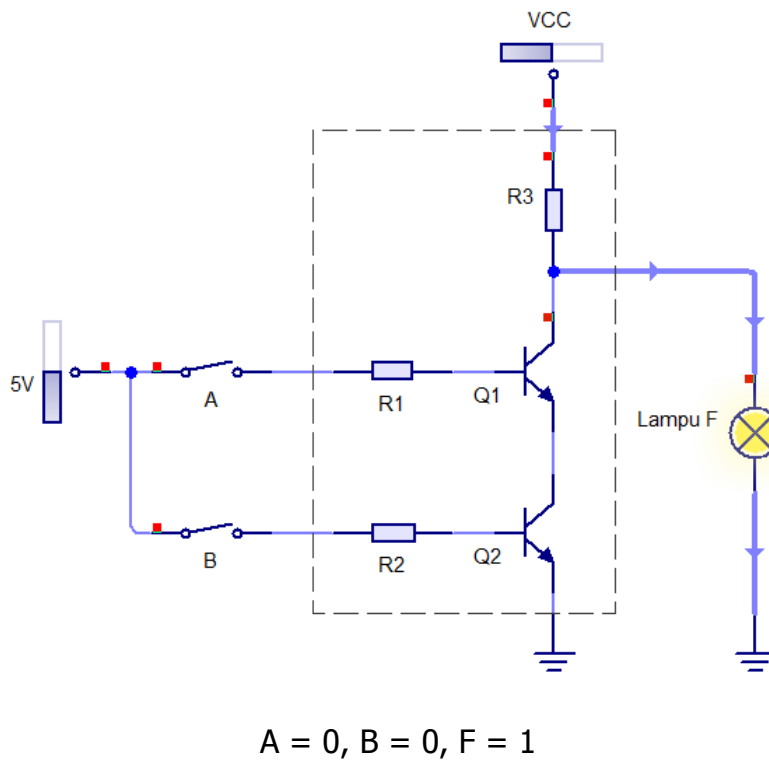
Buktikan kebenaran *Absorption Law* bahwa $A(A + B) = A$

C. Gerbang Universal

Untuk menghindari ketergantungan komponen gerbang logika, sebuah rancangan digital membutuhkan satu macam gerbang yang bisa mewakili keseluruhan gerbang yang ada. Ada dua gerbang yang biasa digunakan sebagai gerbang universal, yakni gerbang NAND dan NOR.

1. NAND Universal

Di bawah ini adalah contoh rangkaian sederhana dari gerbang NAND, yang terdiri dari transistor dan resistor. Rangkaian seperti ini biasa disebut sebagai resistor-transistor logic (RTL).

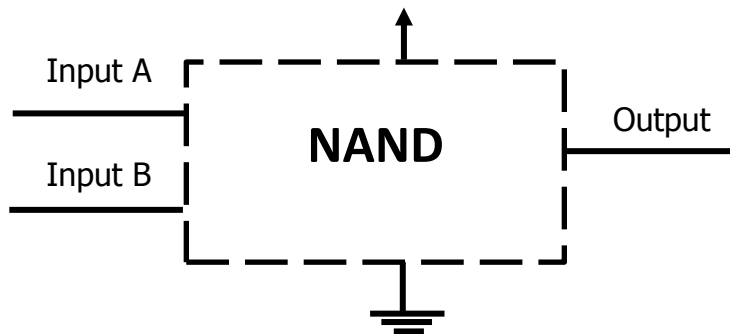


Gambar.2.28 Rangkaian RTL Gerbang NAND

Keterangan:

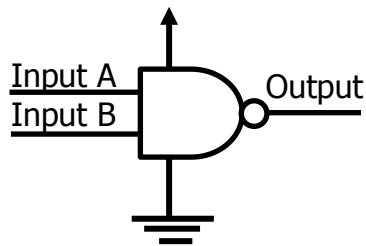
Pada kondisi saklar A dan B terbuka (off/ logika 0), lampu F menyala karena mendapat arus dari VCC. Lampu F akan tetap menyala meski salah satu saklar ditutup. Lampu F mati jika semua saklar A dan B tertutup (on/ logika 1). Hal ini terjadi karena kedua transistor dalam keadaan hidup, sehingga arus dari VCC langsung diteruskan *ground* (tidak mengalir Lampu F).

Dari rangkaian di atas, rangkaian NAND diilustrasikan sebagai sebuah kotak :

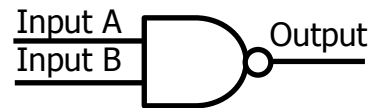


Gambar.2.29 Ilustrasi kotak Gerbang NAND

Simbol gerbang NAND:



Simbol NAND yang disederhanakan:



Gambar.2.30 Simbol Gerbang NAND

NAND Pembentuk NOT

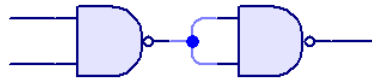
Jika semua input gerbang NAND dihubungkan menjadi satu titik input, maka fungsinya sama dengan gerbang NOT.



Gambar.2.31 NAND Pembentuk NOT

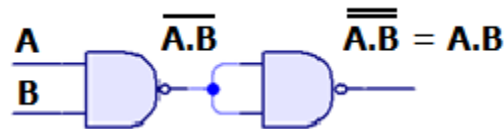
NAND Pembentuk AND

Jika output gerbang NAND disambung dengan fungsi gerbang NOT, maka fungsinya sama dengan AND.



Gambar.2.32 NAND Pembentuk AND

Jika input diberi sinyal A dan B :



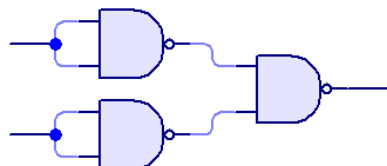
Gambar.2.33 NAND Pembentuk AND dengan input A dan B

Keterangan:

$$\overline{\overline{A.B}} = A.B \quad (\text{Double Negation Law})$$

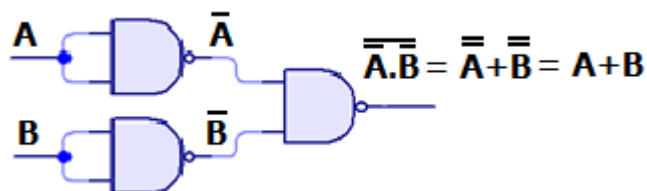
NAND Pembentuk OR

Untuk membuat fungsi OR dari gerbang NAND, masing-masing input NAND didahului dengan gerbang NOT.



Gambar.2.34 NAND Pembentuk OR

Jika input diberi sinyal A dan B :



Gambar.2.35 NAND Pembentuk OR dengan input A dan B

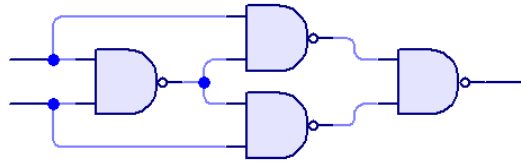
Keterangan:

$$\overline{\overline{A.B}} = \overline{A} + \overline{B} \quad (\text{De Morgan's Law})$$

$$\overline{\overline{A} + \overline{B}} = A + B \quad (\text{Double Negation Law})$$

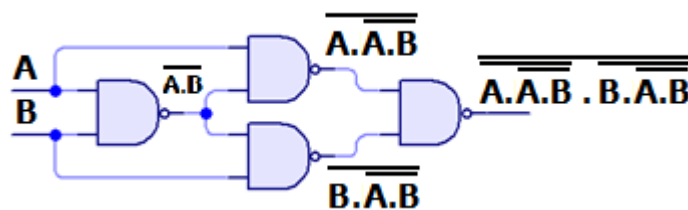
NAND Pembentuk EXOR

Untuk membuat fungsi EXOR dari gerbang NAND, bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar.2.36 NAND Pembentuk EXOR

Jika input diberi sinyal A dan B :



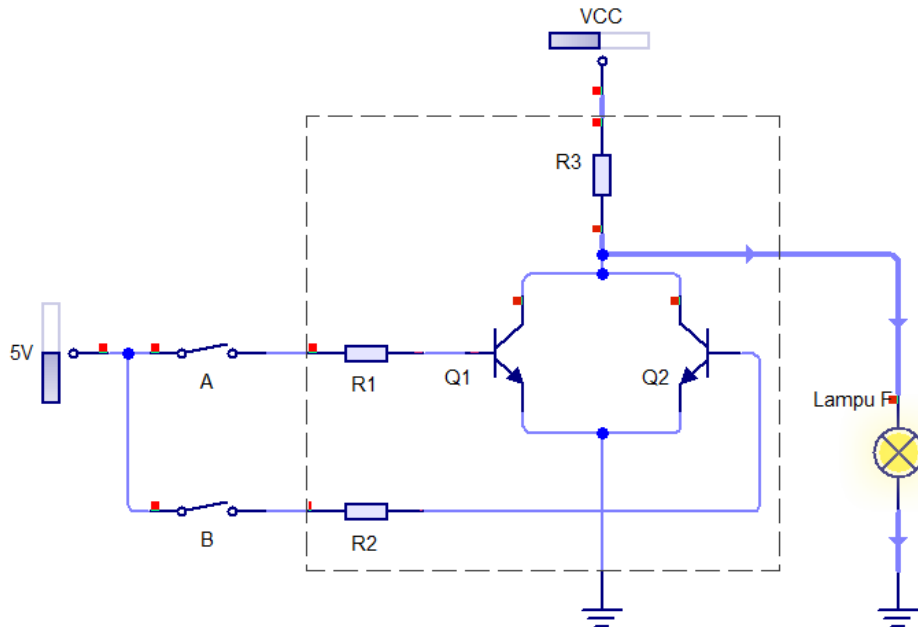
Gambar.2.37 NAND Pembentuk EXOR dengan input A dan B

Penyederhanaan fungsi :

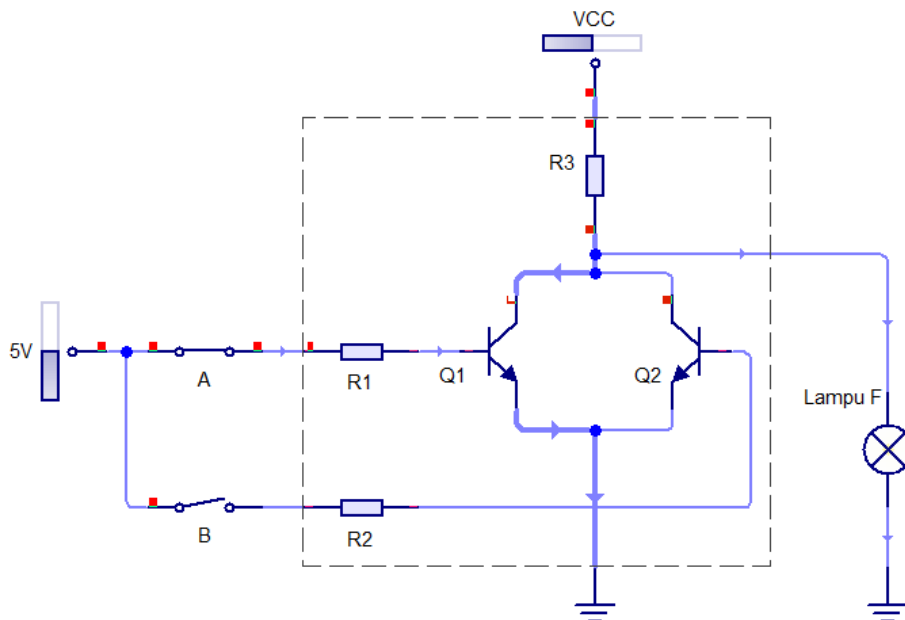
$$\begin{aligned} F &= \overline{\overline{A} \overline{A} \overline{B}} \cdot \overline{\overline{A} \overline{A} \overline{B}} && \text{(De Morgan's Law)} \\ &= \overline{\overline{A} \overline{A} \overline{B}} + \overline{\overline{A} \overline{A} \overline{B}} && \text{(Double Negation Law)} \\ &= A \overline{A} \overline{B} + B \overline{A} \overline{B} && \text{(De Morgan's Law)} \\ &= A(\overline{A} + \overline{B}) + B(\overline{A} + \overline{B}) && \text{(Distributive Law)} \\ &= [(A \cdot \overline{A}) + (A \cdot \overline{B})] + [(B \cdot \overline{A}) + (B \cdot \overline{B})] && \text{(Negation Law)} \\ &= [0 + (A \cdot \overline{B})] + [(B \cdot \overline{A}) + 0] \\ &= A\overline{B} + B\overline{A} && \text{(sama dengan fungsi EXOR)} \end{aligned}$$

2. NOR Universal

Di bawah ini adalah contoh rangkaian sederhana dari gerbang NOR, yang terdiri dari transistor dan resistor (RTL).



$$A = 0, B = 0, F = 1$$

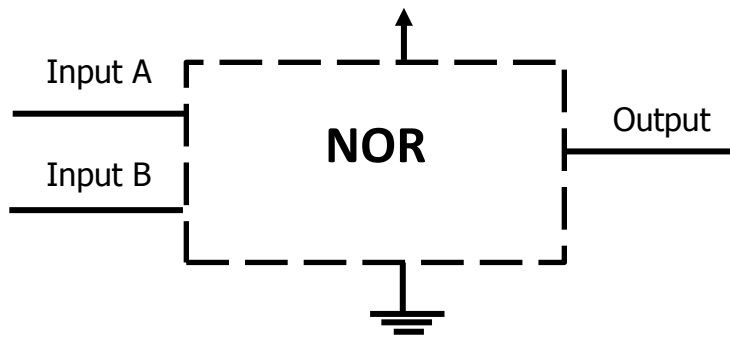


$$A = 1, B = 0, F = 0$$

Gambar.2.38 Rangkaian RTL Gerbang NAND

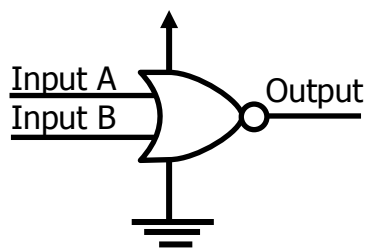
Keterangan: Pada kondisi saklar A dan B terbuka (off/ logika 0), lampu F menyala karena mendapat arus dari VCC. Lampu F mati jika salah satu saklar ditutup semua saklar ditutup (off/ logika 0).

Dari rangkaian di atas, rangkaian NOR diilustrasikan sebagai sebuah kotak :

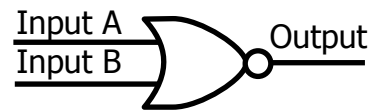


Gambar.2.39 Ilustrasi kotak Gerbang NOR

Simbol gerbang NOR:



Simbol NOR yang disederhanakan:



Gambar.2.40 Simbol Gerbang NOR

NOR Pembentuk NOT

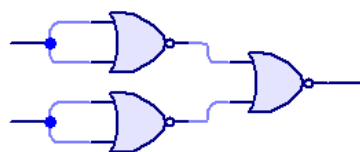
Jika semua input gerbang NOR dihubungkan menjadi satu titik input, maka fungsinya sama dengan gerbang NOT.



Gambar.2.41 NOR Pembentuk NOT

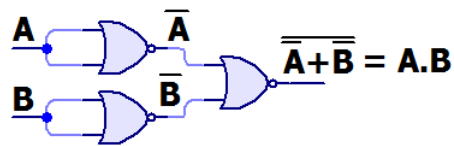
NOR Pembentuk AND

Jika kedua input gerbang NOR disambung dengan fungsi gerbang NOT, maka fungsinya sama dengan AND.



Gambar.2.42 NOR Pembentuk AND

Jika input diberi sinyal A dan B :



Gambar.2.43 NOR Pembentuk AND dengan input A dan B

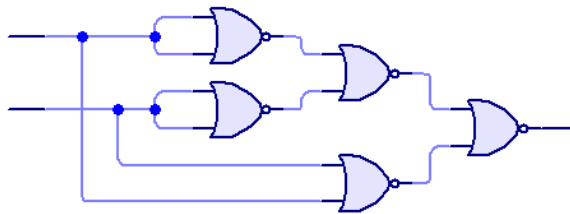
Keterangan:

$$\overline{\overline{A} + \overline{B}} = \overline{\overline{A}} \cdot \overline{\overline{B}} \quad (\text{De Morgan's Law})$$

$$\overline{\overline{A}} \cdot \overline{\overline{B}} = AB \quad (\text{Double Negation Law})$$

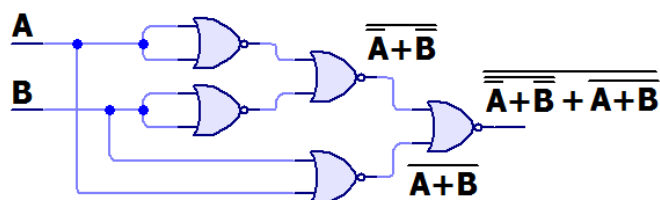
NOR Pembentuk EXOR

Untuk membuat fungsi EXOR dari gerbang NOR, bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar.2.44 NOR Pembentuk EXOR

Jika input diberi sinyal A dan B :



Gambar.2.45 NOR Pembentuk EXOR dengan input A dan B

Penyederhanaan fungsi :

$$F = \overline{\overline{A} + \overline{B}} + \overline{A + \overline{B}} \quad (\text{De Morgan's Law})$$

$$= \overline{\overline{A} + \overline{B}} \cdot \overline{A + \overline{B}} \quad (\text{Double Negation Law})$$

$$= (\overline{\overline{A} + \overline{B}}) \cdot (\overline{A + \overline{B}}) \quad (\text{Distributive Law})$$

$$= \overline{\overline{A} + \overline{B}} \cdot (\overline{A} + B) \quad (\text{Negation Law})$$

$$= 0 + \overline{\overline{A} + \overline{B}} \cdot B + \overline{\overline{A} + \overline{B}} \cdot 0$$

$$= \overline{\overline{A} + \overline{B}} \cdot B + \overline{\overline{A} + \overline{B}} \cdot 0$$

(sama dengan fungsi EXOR)

Mengingat Kembali

Apakah yang dimaksud dengan gerbang universal itu?

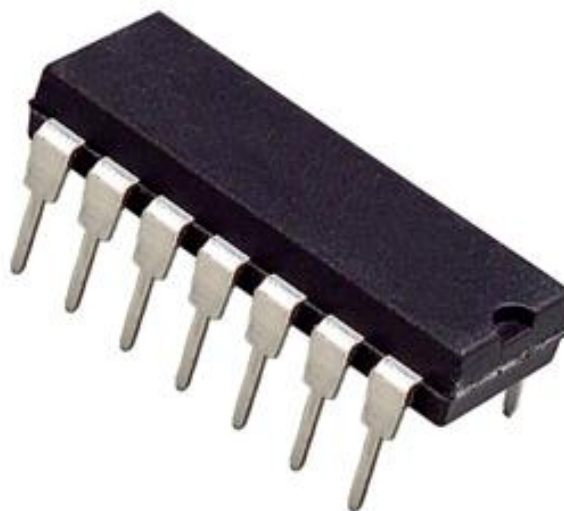
Latihan

1. Bagaimana gambar rangkaian fungsi setara OR jika dibentuk dari gerbang NOR?
2. Bagaimana gambar rangkaian fungsi setara EXNOR jika dibentuk dari gerbang NAND?

D. Logika dalam IC

Integrated Circuit (IC) secara bahasa bisa diartikan sebagai rangkaian yang dipadukan. IC adalah komponen elektronika yang di dalamnya memuat komponen-komponen lain.

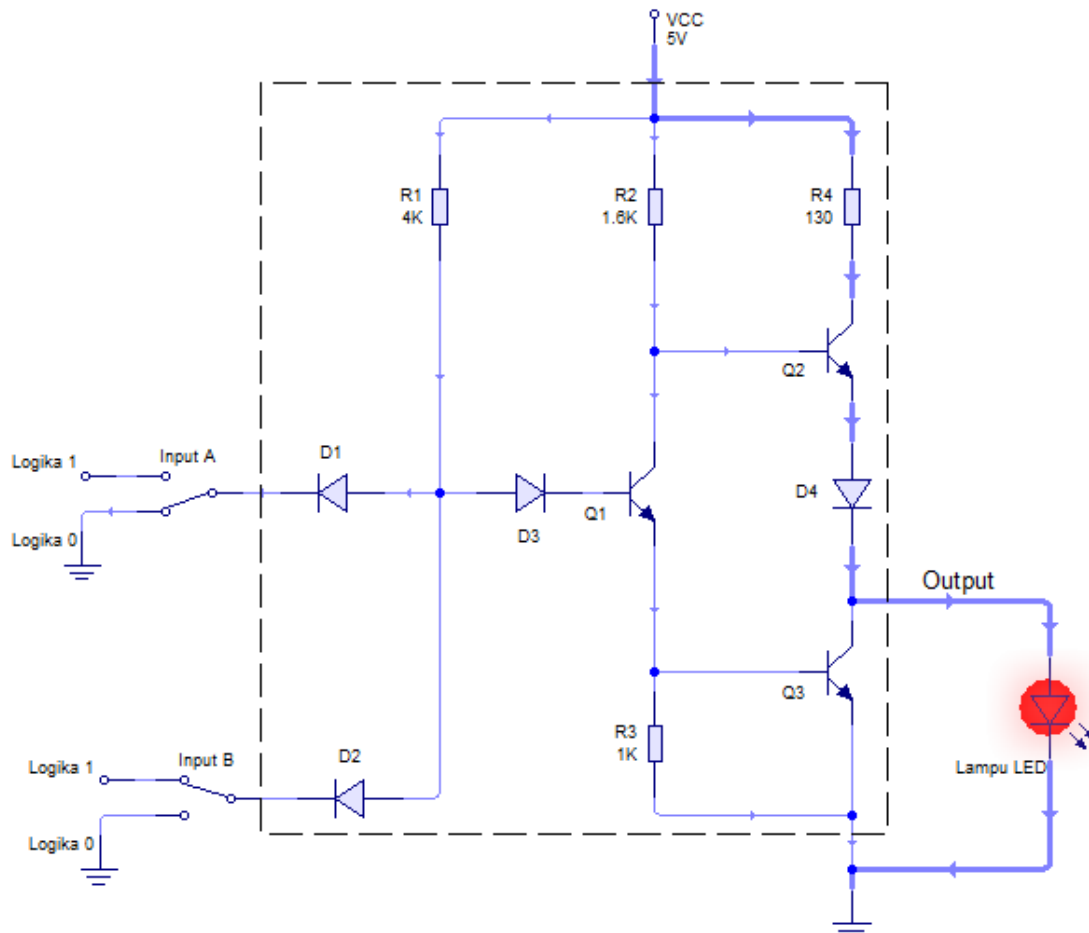
Dalam satu paket IC memuat puluhan, ratusan bahkan ribuan komponen. Setiap jenis IC mempunyai kegunaan yang berbeda dengan yang lain. Dari sekian banyak jenis IC, ada dua jenis IC yang sering kali digunakan untuk merancang fungsi logika, yakni IC TTL (*Transistor-Transistor Logic*) dan IC CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*).



Gambar.2.46 *Integrated Circuit* (IC)

1. IC TTL

IC TTL (*Transistor-Transistor Logic*) sesuai namanya, adalah IC yang didalamnya memuat transistor-transistor sebagai komponen utama pengolah logika. Di bawah ini adalah TTL gerbang NAND 2 input standar:

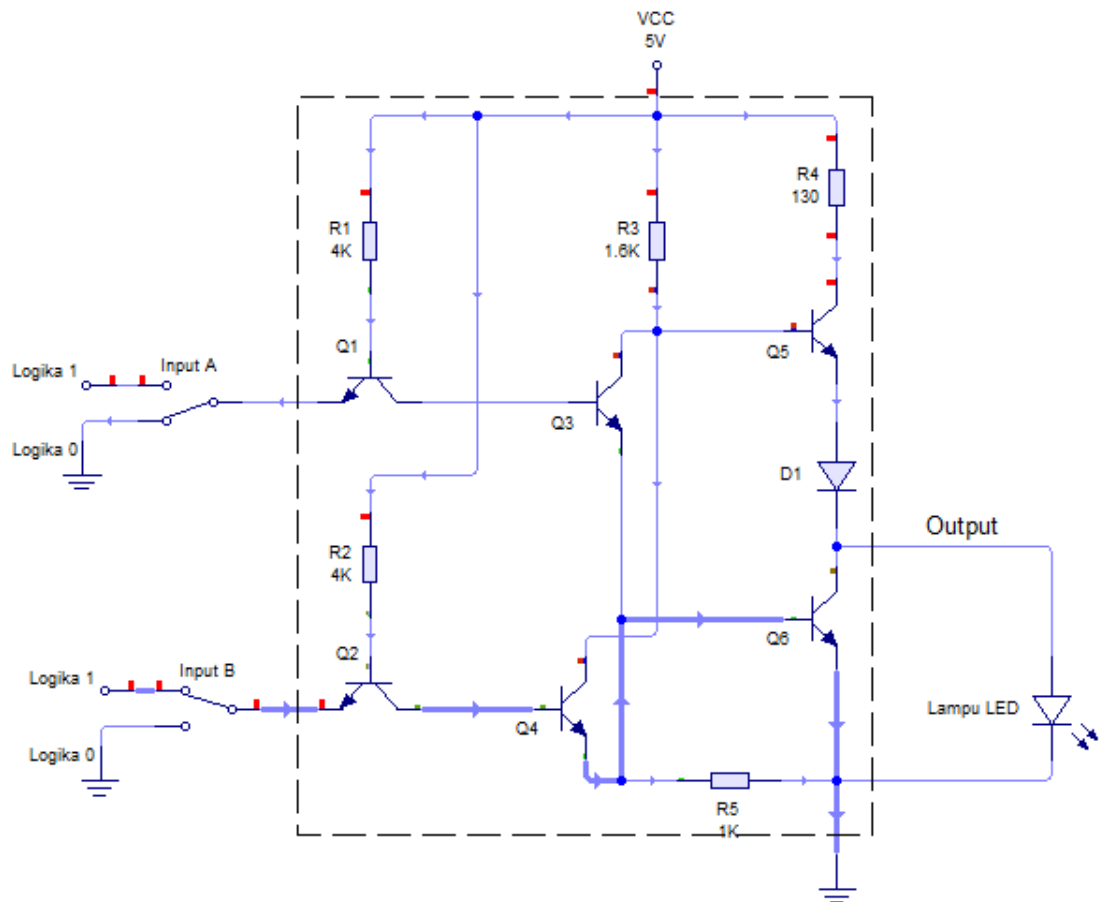


A = 0, B = 1, LED = 1

Gambar.2.47 TTL gerbang NAND

Prinsip kerjanya hampir sama dengan RTL, bedanya rangkaian ini menggunakan dioda sebagai pengolah logika awal biasa disebut *diode logic* (DL). Penggunaan dioda ini juga memudahkan untuk penambahan inputan yang lebih banyak (3 input atau lebih). IC TTL ini bekerja pada tegangan 5 volt (VCC). Input berlogika 1 jika mendapat tegangan 2 volt sampai 5 volt, dan berlogika 0 jika mendapat tegangan 0,8 volt sampai 0 volt. Kriteria output berlogika 1 jika output mempunyai tegangan 2,4 volt sampai 5 volt (biasanya 3,6 volt), dan berlogika 0 jika mempunyai tegangan 0,4 volt sampai 0 volt.

Di bawah ini adalah TTL gerbang NOR 2 input standar:

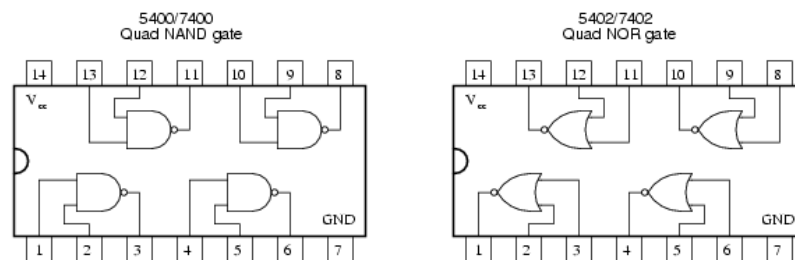


$A = 0, B = 1, \text{LED} = 0$

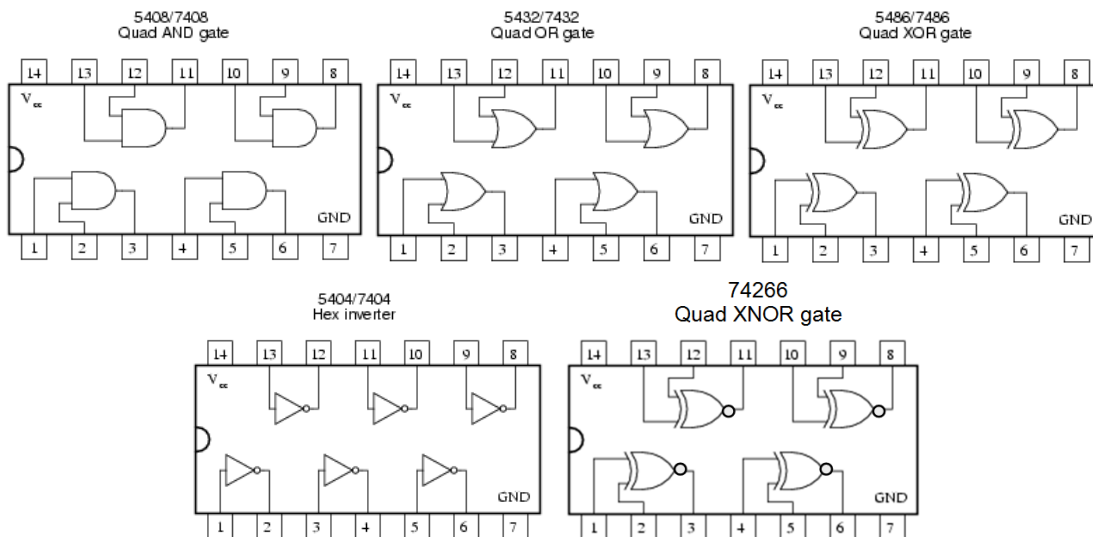
Gambar.2.48 TTL gerbang NOR

Rangkain gerbang lainnya menyesuaikan fungsinya masing-masing.

Untuk memudahkan dalam penggunaan, rangkaian TTL dikemas dalam bentuk IC. Berikut ini beberapa IC TTL, yang setiap IC mempunyai 4 gerbang, setiap gerbang memiliki 2 input.

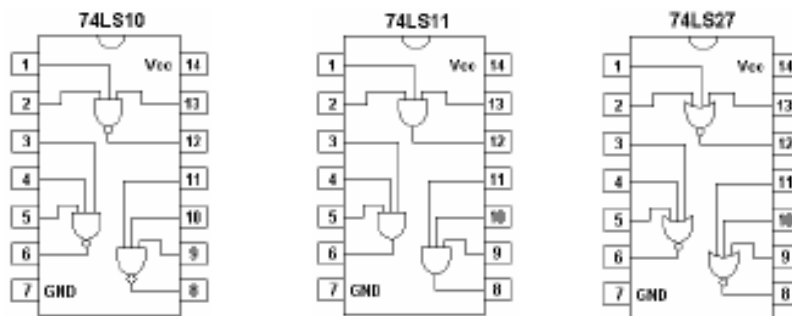


Gambar.2.49 IC TTL gerbang NAND 7400 dan gerbang NOR 7402



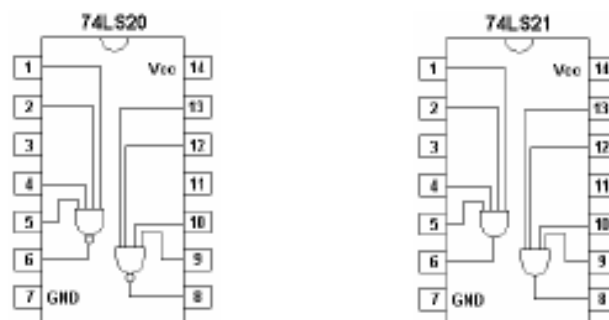
Gambar.2.50 IC TTL gerbang AND, OR, EXOR, NOT dan EXNOR

Beberapa IC TTL, yang setiap IC mempunyai 3 gerbang, setiap gerbang memiliki 3 input :



Gambar.2.51 IC TTL 3 gerbang

Beberapa IC TTL, yang setiap IC mempunyai 2 gerbang, setiap gerbang memiliki 4 input :

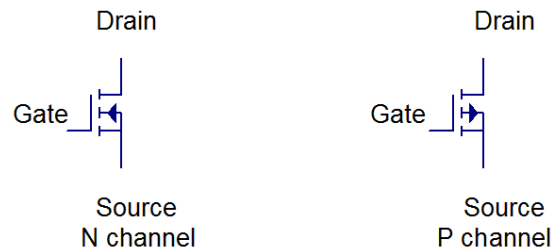


Gambar.2.52 IC TTL 2 gerbang

2. IC CMOS

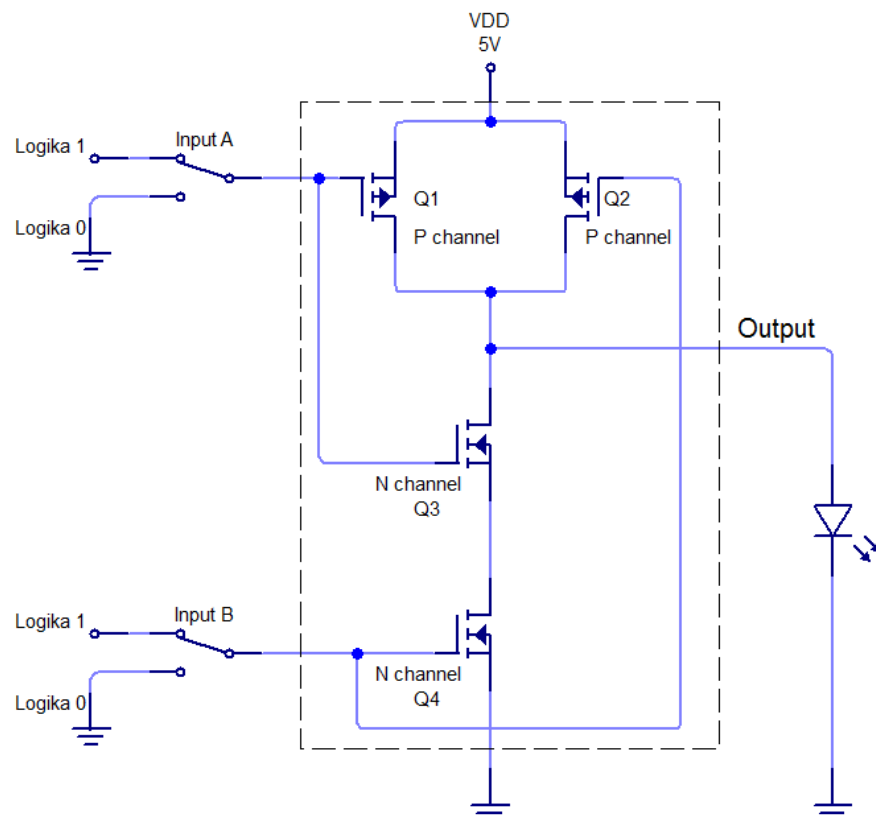
IC CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) adalah IC yang di dalamnya memuat MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor*) sebagai komponen utama pengolah logika yang bersifat komplemen.

Ada dua jenis MOSFET, yakni MOSFET N *channel* dan MOSFET P *channel*.



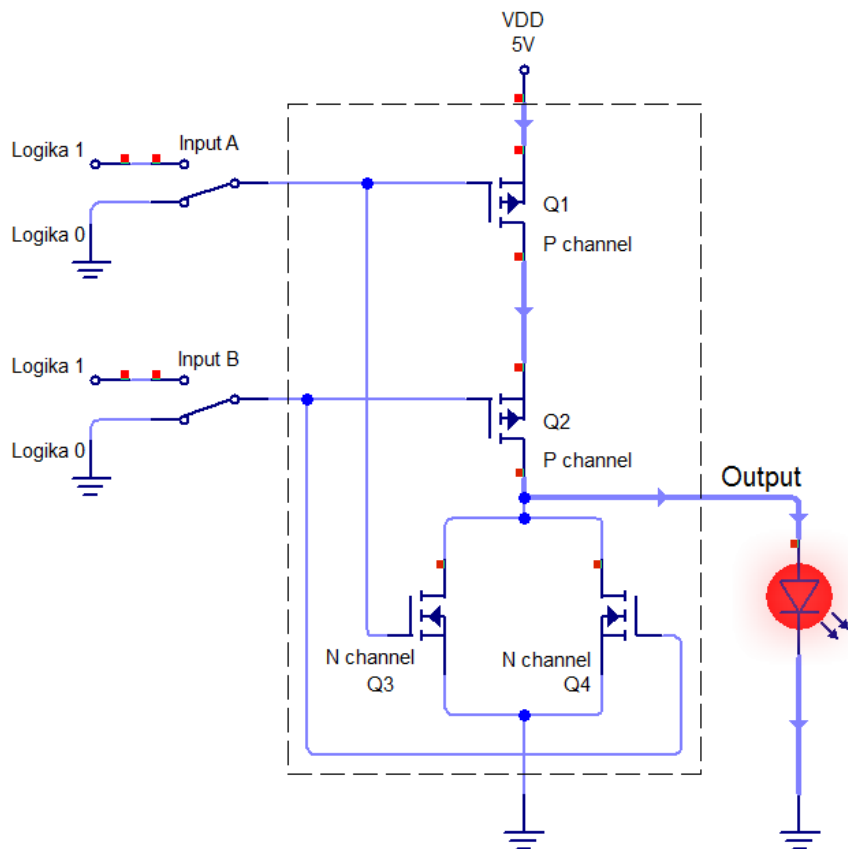
Gambar. 2.53 Simbol MOSFET

Dibanding dengan TTL, konsumsi daya MOSFET sangat rendah (setiap gerbang 10nW, sedangkan TTL 10mW) dan lebih ekonomis. Karena untuk membuat rangkaian logika dari MOSFET tidak perlu komponen lain. Tidak seperti transistor bipolar yang membutuhkan resistor dan dioda pada rangkaian TTL. Sehingga lebih hemat ruang jika dibentuk menjadi IC. Di bawah ini adalah CMOS gerbang NAND 2 input standar:



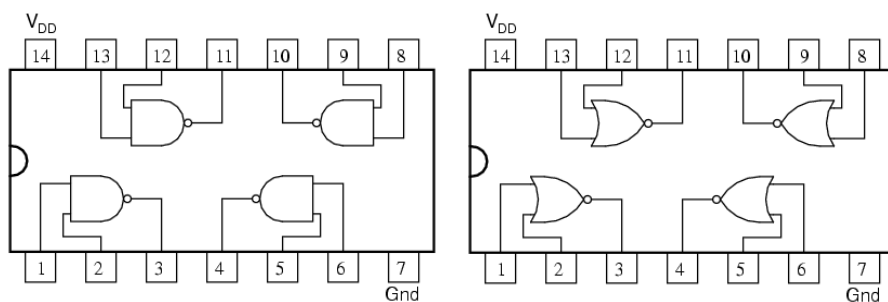
Gambar.2.54 CMOS Gerbang NAND 2 input standar

Di bawah ini adalah CMOS gerbang NOR 2 input standar:



Gambar.2.55 CMOS Gerbang NOR 2 input standar

Untuk memudahkan dalam penggunaan, rangkaian CMOS dikemas dalam bentuk IC.



Gambar.2.56 IC CMOS 4011 dan 4001

Berikut ini beberapa IC TTL dan CMOS :

Tabel.2.11 IC TTL dan IC CMOS

| Logika | Jumlah | | IC TTL | IC CMOS | High Speed CMOS |
|--------|---------|-------|--------|---------|-----------------|
| | Gerbang | Input | | | |
| NOT | 6 | 1 | 7404 | 4069 | 74HC04 |
| AND | 4 | 2 | 7408 | 4081 | 74HC08 |
| | 3 | 3 | 7411 | 4073 | 74HC11 |
| OR | 2 | 4 | 7421 | 4082 | 74HC20 |
| | 4 | 2 | 7432 | 4071 | - |
| | 3 | 3 | - | 4075 | 74HC32 |
| NAND | 2 | 4 | - | 4072 | 74HC075 |
| | 4 | 2 | 7400 | 4011 | 74HC00 |
| | 3 | 3 | 7410 | 4013 | 74HC10 |
| | 2 | 4 | 7420 | 4012 | 74HC20 |
| | 1 | 8 | 7430 | 4068 | - |
| | 1 | 12 | 74134 | - | - |
| | 1 | 13 | 74133 | - | - |
| NOR | 4 | 2 | 7402 | 4001 | 74HC02 |
| | 3 | 3 | 7427 | 4025 | 74HC27 |
| | 2 | 4 | 7425 | 4002 | 74HC25 |
| | 1 | 5 | 74860 | - | - |
| | 1 | 8 | - | - | - |

Mengingat Kembali

1. Apakah yang dimaksud dengan TTL?
2. Apakah yang dimaksud dengan CMOS?

Rangkuman

- Gerbang NOT : logika output adalah kebalikan logika input
- Gerbang AND : output berlogika 1 jika semua input berlogika 1
- Gerbang NAND : output berlogika 0 jika semua input berlogika 1
- Gerbang OR : output berlogika 0 jika semua input berlogika 0
- Gerbang NOR : output berlogika 1 jika semua input berlogika 0
- Gerbang EXOR : output berlogika 1 jika input sebanyak ganjil berlogika 1
- Gerbang EXNOR : output berlogika 0 jika input sebanyak ganjil berlogika 1

Tabel kebenaran gerbang logika

| INPUT | | OUTPUT (F) | | | | | | |
|-------|---|--------------------|---------------|------------------|--------------------------------|---------------------------|---|---|
| A | B | AND $A \cdot B$ | OR $A + B$ | NOT \bar{A} | NAND $\overline{A \cdot B}$ | NOR $\overline{A + B}$ | EXOR $\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$ | EXNOR $\overline{\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}}$ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Evaluasi

Jawablah soal-soal dibawah ini!

- Sebut dan gambarkan gerbang-gerbang dasar!
- Terangkan secara singkat maksud dari masing-masing gerbang dasar!
- Sederhanakan fungsi berikut :
 - $F = A \cdot B + A \cdot C$
 - $F = A \cdot C + \bar{A} \cdot C$
 - $F = A + B \cdot A + \bar{C} \cdot A$
- Gambarkan rangkaian gerbang yang disederhanakan dan tentukan logika output F dari soal nomor 3 poin a, b, dan c, jika diketahui logika $A = 1$; $B = 1$; dan $C = 0$!
- Lengkapilah :
 - IC 7402 untuk gerbang
 - IC 7400 untuk gerbang
 - IC 7404 untuk gerbang
 - IC 7432 untuk gerbang
 - Tegangan V_{cc} IC TTL adalahvolt

Flip-Flop



Materi :

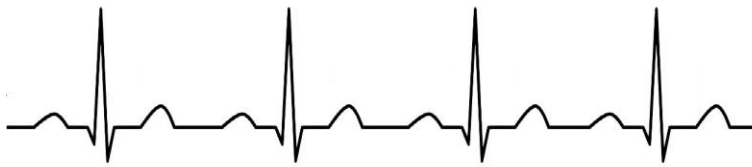
- A. Flip-Flop**
- B. Jenis-jenis Flip-Flop**

Tujuan Pembelajaran :

- A. Dapat menjelaskan fungsi flip-flop**
- B. Dapat menjelaskan D Flip-Flop**
- C. Dapat menjelaskan RS Flip-Flop**
- D. Dapat menjelaskan JK Flip-Flop**
- E. Dapat menjelaskan Master-Slave Flip-Flop**

Motivasi

Setiap sistem mempunyai denyut kehidupan. Kita sebagai manusia memiliki denyut dari jantung kita, dan sistem digital memiliki denyut yang disebut sebagai sinyal kotak atau pulsa dari *clock*. Jadi, clock adalah denyut kehidupan bagi sistem digital.



Denyut jantung manusia



Denyut pulsa clock

Sinyal kotak atau pulsa bisa dibentuk dari rangkaian dengan frekuensi tertentu. Selain itu, sinyal kotak juga bisa dihasilkan dari sebuah XTAL (*crystal*).

Dengan untaian gelombang kotak ini, rancangan rangkaian logika dengan berbagai jenis flip-flop bisa bekerja dengan baik sesuai karakteristik flip-flop itu sendiri. Penerapan flip-flop bisa kita jumpai pada lampu peringatan persimpangan jalan dengan rel kereta api. Lampu peringatan ini menyala bergantian, jika yang satu hidup (kondisi flip) maka yang satu mati (kondisi flop) atau sebaliknya.



Gambar.3.1 Lampu peringatan perlintasan kereta api

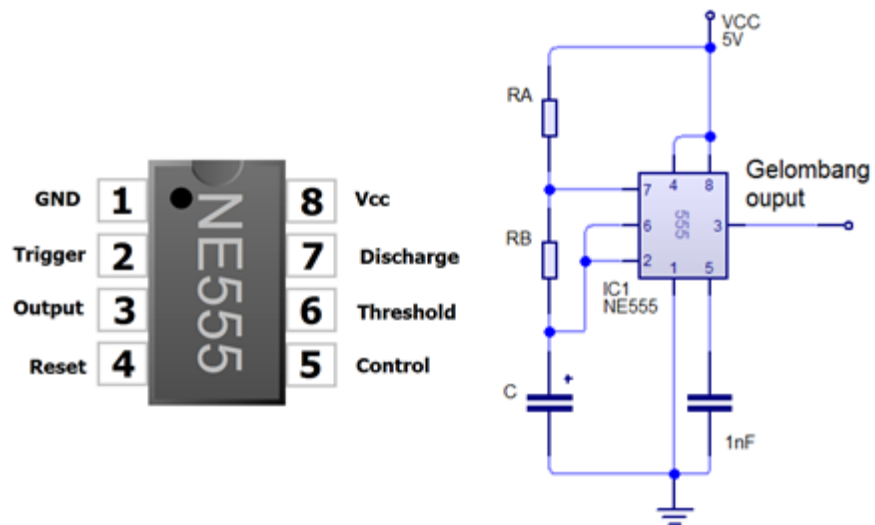
Bagaimana merancang clock? Apa saja jenis flip-flop? Bagaimana fungsinya? Mari kita pelajari!

Semangat belajar!

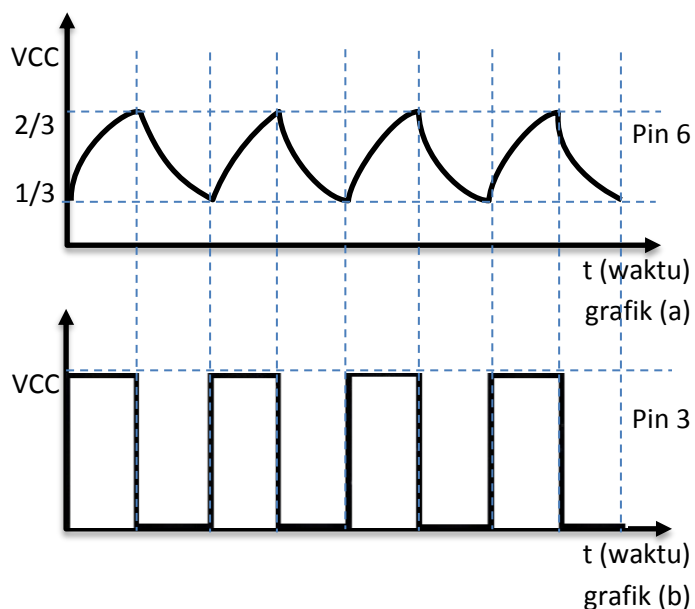
A. Clock

1. Merancang Clock

Sebuah rangkaian pembangkit gelombang kotak (*square wave generator*) atau juga biasa disebut *astable multivibrator*, menggunakan IC 555 sebagai komponen utama. Sedangkan periode waktu masing-masing level tegangan keluarannya ditentukan oleh komponen-komponen penyusun rangkaian R dan C.



Gambar.3.2 IC 555 dan rangkaian pembangkit gelombang kotak
Karakteristik gelombang pada pin 6 (gelombang dari C) dan pin 3 IC 555 :



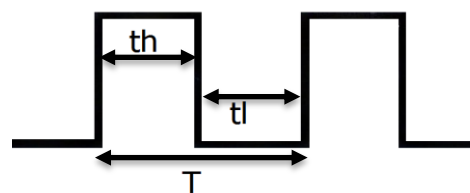
Gambar.3.3 Bentuk gelombang pada pin 6 dan pin 3

Bentuk gelombang grafik (a) seperti gergaji adalah proses pengisian (lengkung naik) dan pengosongan (lengkung turun) kapasitor (C). Gelombang kotak grafik (b) adalah dari gelombang gergaji yang sudah ditegaskan. Gelombang kotak inilah yang digunakan sebagai clock.

Tabel.3.1 Tabel Kebenaran IC 555

| Reset | Threshold | Trigger | Output |
|---|------------------------|------------------------|--------|
| < 1V | x | x | 0 |
| x | > $\frac{2}{3} V_{cc}$ | x | 0 |
| >1V | < $\frac{2}{3} V_{cc}$ | < $\frac{1}{3} V_{cc}$ | 1 |
| >1V | < $\frac{2}{3} V_{cc}$ | > $\frac{1}{3} V_{cc}$ | Memori |
| Control Voltage terhadap Common terpasang Capacitor 0,001 μF | | | |

Pewaktuan diatur oleh kapasitor (C) dan resistor (RA dan RB). RA mengatur seberapa lama pulsa berlogika 1 (th) dan RB mengatur lama pulsa berlogika 0 (tl). Persentase lebar pulsa berlogika 1 disebut *duty cycle* (D).



Gambar.3.4 Gelombang kotak

Keterangan :

$t_h = D C(RA + RB)$ sedangkan $t_l = D C RB$

$T = t_h + t_l = D C(RA + 2RB)$

Frekuensi (F) = $1/T = 2D / C(RA + 2RB)$

Duty cycle (D) = $t_h/T = 1 - RB / (RA + 2RB)$

Contoh:

Merancang pembangkit gelombang kotak

dengan frekuensi 32 kHz

Diketahui : $f = 32 \text{ kHz}$

Ditentukan : $C = 1 \mu F$

$RB = 10 \Omega$

Duty cycle (D) = 70%

Dihitung : $R_A = ?$

$$\text{➤ } T = 1/f = D \times C (R_A + 2R_B)$$

$$T = 1/ 32 \text{ kHz}$$

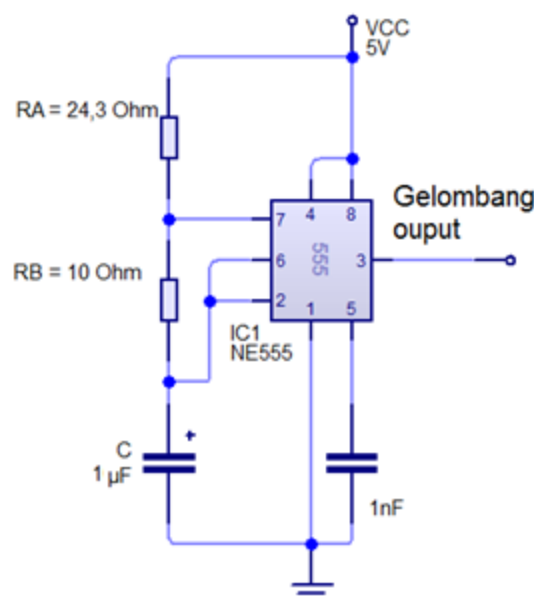
$$31,25 \mu\text{s} = 0,7 \times 1\mu\text{F} (R_A + 20 \Omega)$$

$$\text{➤ } R_A = \left(\frac{31,25 \mu\text{s}}{0,7 \times 1\mu\text{F}} \right) - 20 \Omega$$

$$R_A = 44,28571 \Omega - 20 \Omega$$

$$= 24,28571 \Omega$$

Rangkaian :



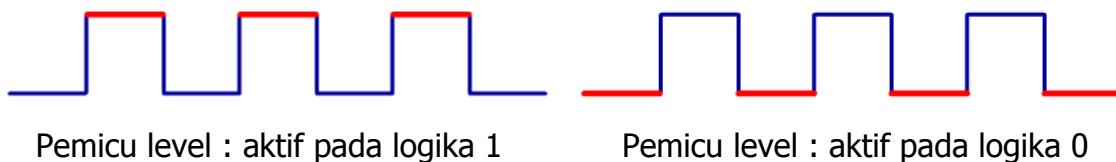
Gambar.3.5 Rangkaian pembangkit pulsa 32 kHz

2. Clock sebagai Pemicu

Setiap rangkaian digital mempunyai kriteria pemicu (*trigger*) sendiri-sendiri. Ada dua macam pemicu yakni pemicu level (*level-triggered*) dan pemicu tepi (*edge-triggered*).

Pemicu Level (*Level-Triggered*)

Pemicu level (*level-triggered*), artinya rangkaian digital ini hanya akan merespon/ menunjukkan perubahan saat clock pada level tertentu. Baik itu level HIGH (logika 1) maupun level LOW (logika 0). Lebih jelasnya amati gelombang kotak dibawah ini.

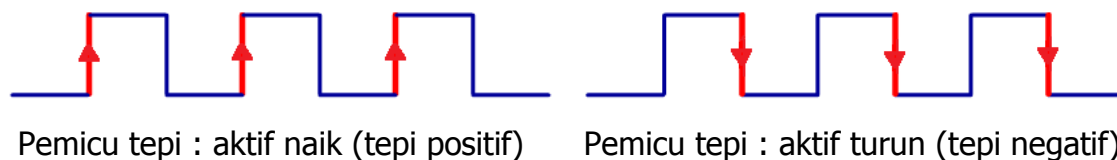


Gambar.3.6 Pemicu level (*level-triggered*)

Rangkaian yang menggunakan pemicu level seperti ini adalah rangkaian elemen memori dari palang (*latches*) gerbang-gerbang logika.

Pemicu Tepi (*Edge-Triggered*)

Pemicu tepi (*edge-triggered*), artinya rangkaian digital ini hanya akan merespon/ menunjukkan perubahan saat clock pada tepi tertentu. Baik itu tepi saat naik (perubahan 0 ke 1) maupun tepi saat turun (perubahan 1 ke 0). Lebih jelasnya amati gelombang kotak dibawah ini.



Gambar.3.7 Pemicu tepi (*edge-triggered*)

Rangkaian yang menggunakan pemicu tepi seperti ini adalah rangkaian elemen memori dari flip-flop.

Beberapa teks yang membahas clock tidak mempermasalahkan, apakah itu pemicu level atau pemicu tepi. Cukup diwakili dengan pemicu level. Rangkaian dengan pemicu tepi aktif saat naik diasumsikan dengan aktif level HIGH (logika 1). Begitu pula pemicu tepi aktif saat turun diasumsikan aktif level LOW (logika 0).

Mengingat Kembali

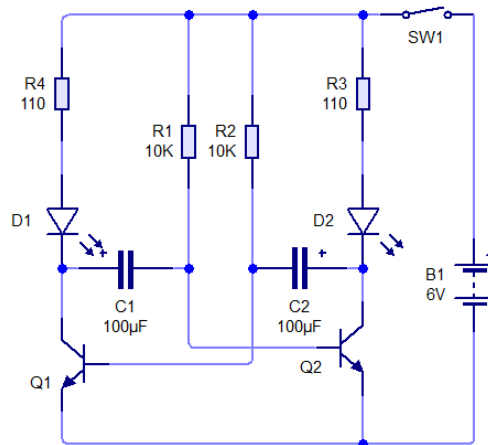
Apa kegunaan clock pada sistem digital?

Latihan

Rancang dan gambarlah rangkaian pembangkit gelombang kotak/ pulsa frekuensi 20 kHz, dengan *duty cycle* 80% komponen yang sudah ada RA = 20 Ω dan C = 10 μF .

B. Flip-Flop

Flip-flop secara bahasa memiliki arti perubahan yang tiba-tiba, perubahan yang berlawanan. Flip-flop mempunyai dua keadaan stabil atau disebut *Bistabil Multivibrator*. Dua keadaan berlawanan ini biasanya disimbolkan dengan huruf **Q** dan bukan Q (\bar{Q}). Dibawah ini adalah rangkaian flip-flop menggunakan dua transistor sebagai saklar otomatis.



Gambar.3.8 Rangkaian flip-flop dengan transistor

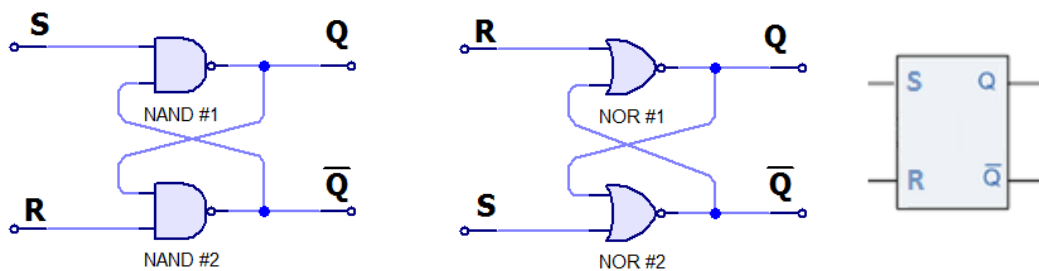
Sekali saklar tersambung (on), lampu LED menyala bergantian secara terus menerus (dua keadaan stabil). Keluaran flip-flop seringkali tergantung pada kondisi sebelumnya. Keadaan tersebut menyebabkan keluaran yang tetap atau terjadi keadaan memory. Inilah penyebab mengapa flip-flop dipakai menjadi elemen memori atau ingatan. Rangkaian flip-flop mempunyai sifat sekuensial karena sistem kerjanya diatur dengan clock atau pulsa, artinya flip-flop bekerja secara sinkron dengan deretan pulsa berperiode T yang disebut *System Clock* (sistem jam).

Beberapa jenis flip-flop diantaranya; *Set Reset Flip-Flop* (SR FF), *Clock Set Reset Flip-Flop* (CSR FF), *T Flip-Flop* (T FF), *Data Flip-Flop* (D FF), *JK Flip-Flop* (JK FF), dan *Master-Slave JK Flip-Flop* (MS JK FF).

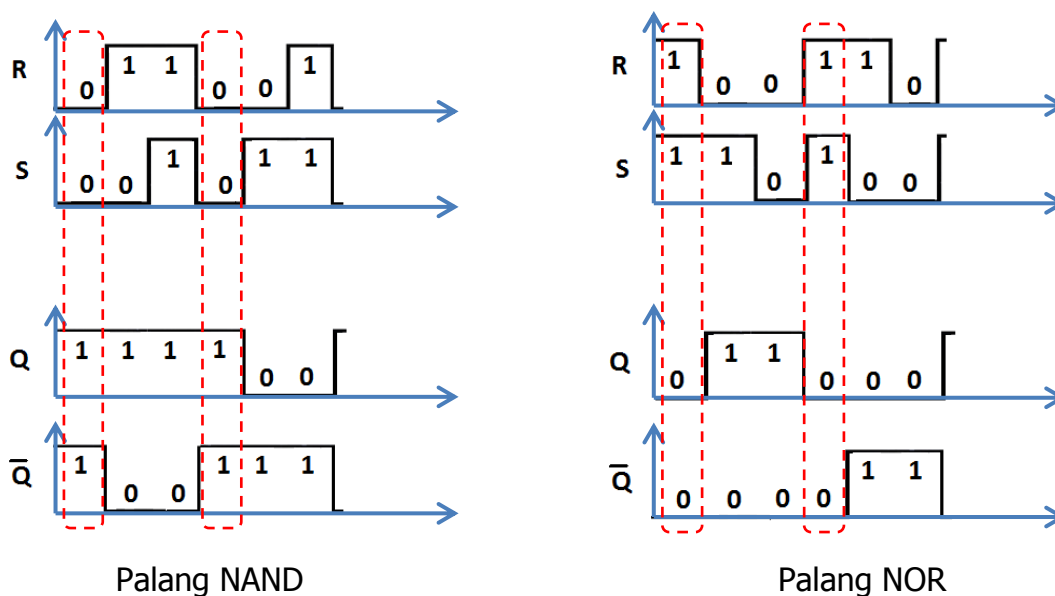
1. SR Flip-Flop

Pada Set-Reset flip-flop (SR flip-flop) keadaan HIGH (logika 1) pada output Q dipicu oleh sinyal "set". Kondisi ini berlangsung sampai adanya sinyal "reset" LOW (logika 0) pada input Reset. Rangkaian SR flip-flop dapat

diimplementasikan sebagai palang (*latches*) gerbang NAND atau gerbang NOR dan ada juga versi SR flip-flop dengan tambahan clock (CSR flip-flop).



Gambar.3.9 SR flip-flop dari gerbang NAND dan NOR beserta simbol blok-nya



Gambar.3.10 Karakteristik input R dan S terhadap output Q dan \bar{Q}

Tabel.3.2 Tabel kebenaran SR flip-flop dari gambar di atas

| SR FF NAND Latches | | | | |
|--|---|--------|-----------|-------------------------|
| S | R | Output | | Keterangan |
| | | Q | \bar{Q} | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | $Q=\bar{Q}$ (terlarang) |
| 0 | 1 | 1 | 0 | $Q = 1$ (set) |
| 1 | 1 | 1 | 0 | Stabil |
| 0 | 0 | 1 | 1 | $Q=\bar{Q}$ (terlarang) |
| 1 | 0 | 0 | 1 | $Q = 0$ (reset) |
| 1 | 1 | 0 | 1 | Stabil |
| Kondisi Stabil I saat $S=R=1$, $Q=1$ | | | | |
| Kondisi Stabil II saat $S=R=1$, $Q=0$ | | | | |

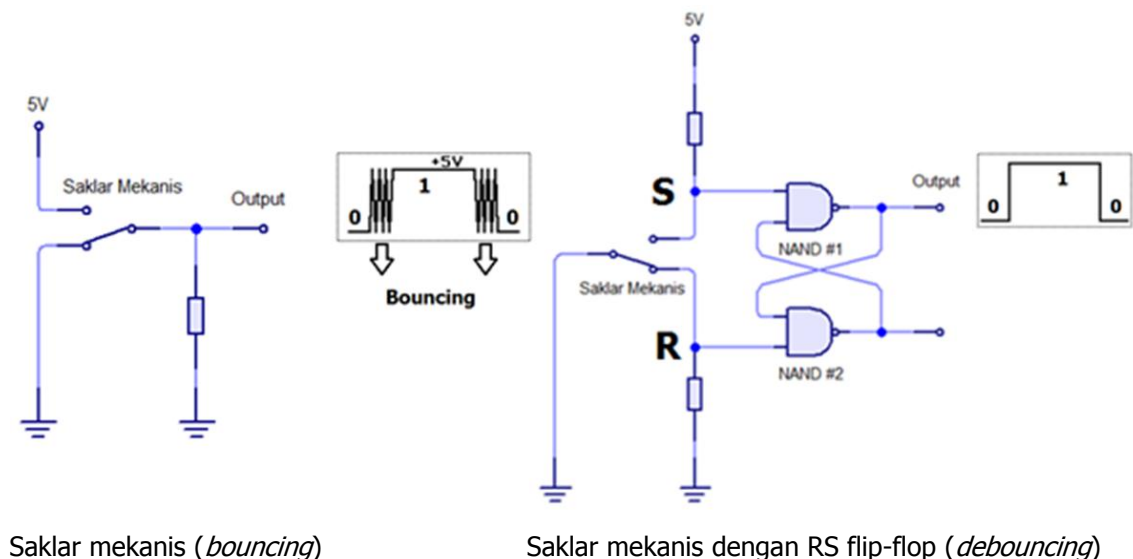
| SR FF NOR Latches | | | | |
|--|---|--------|-----------|-------------------------|
| S | R | Output | | Keterangan |
| | | Q | \bar{Q} | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | $Q=\bar{Q}$ (terlarang) |
| 1 | 0 | 1 | 0 | $Q = 1$ (set) |
| 0 | 0 | 1 | 0 | Stabil |
| 1 | 1 | 0 | 0 | $Q=\bar{Q}$ (terlarang) |
| 0 | 1 | 0 | 1 | $Q = 0$ (reset) |
| 0 | 0 | 0 | 1 | Stabil |
| Kondisi Stabil I saat $S=R=0$, $Q=0$ | | | | |
| Kondisi Stabil II saat $S=R=0$, $Q=1$ | | | | |

Kondisi stabil pada flip-flop bisa dimanfaatkan sebagai memori.

Salah satu kelemahan dari SR flip-flop adalah adanya kondisi terlarang. Kondisi terlarang terjadi saat output $Q = \bar{Q}$. Kesamaan output $Q = \bar{Q}$ bukanlah sifat flip-flop, oleh karena itu sinyal output yang ambigu seperti ini harus dihindari.

Manfaat lain dari SR flip-flop adalah sebagai *switch debouncing*. *Switch debouncing* adalah cara untuk meredam pantulan yang terjadi pada saklar mekanis. Kelemahan saklar mekanis adalah ketika saklar dinyalakan, kondisinya tidak benar-benar menyala, tetapi memantul (*bouncing*) beberapa saat. *Bouncing* dalam digital tidak diperkenankan.

Mengatasi masalah *bouncing* pada rangkaian saklar mekanis :



Saklar mekanis (*bouncing*)

Saklar mekanis dengan RS flip-flop (*debouncing*)

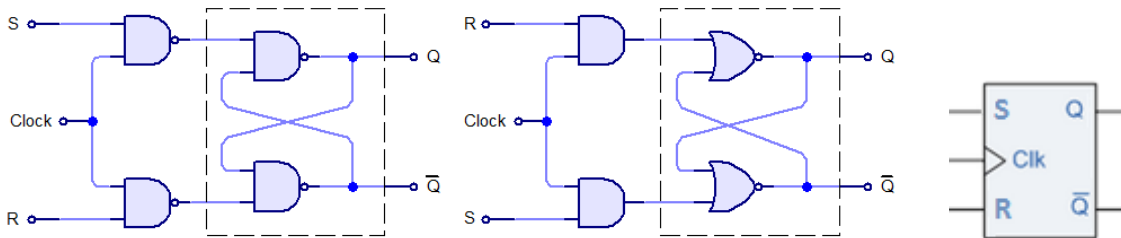
Gambar.3.11 RS flip-flop sebagai *switch debouncing*

2. CSR Flip-Flop

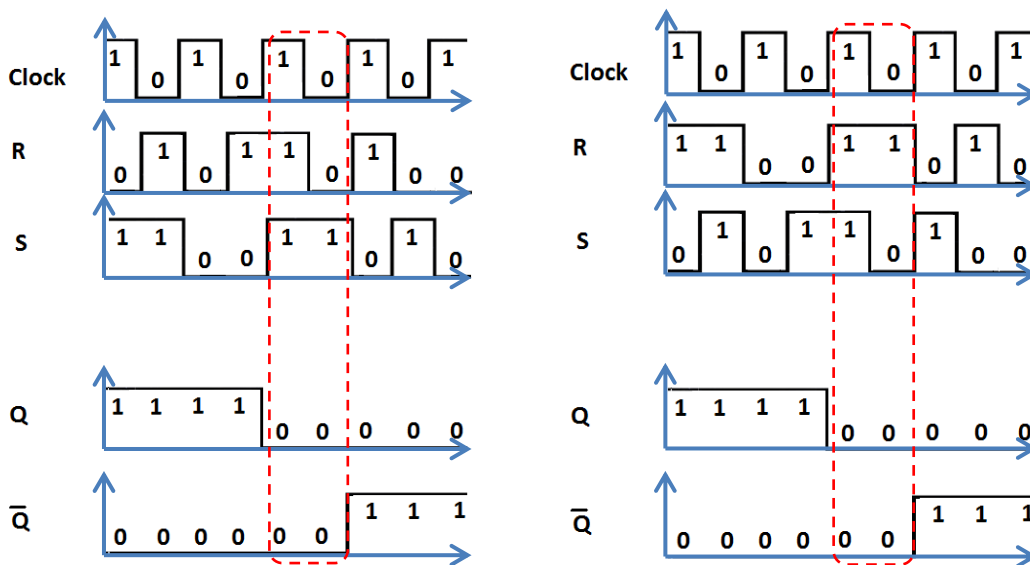
Permasalahan kondisi terlarang pada SR flip-flop bisa dikurangi dengan tambahan gerbang logika dan clock sebagai inputan. SR flip-flop seperti ini disebut *Clock Set Reset Flip-Flop* (CSR FF), atau bisa juga disebut sebagai *Gated Set Reset Flip-Flop* (SR FF yang diberi tambahan gerbang).

Selama pulsa clock berlogika 0, perubahan logika pada input S dan R tidak akan mempengaruhi logika output Q dan \bar{Q} . Artinya, logika output tetap pada logika sebelumnya (memori). Misalnya jika $Q=0$ dan $\bar{Q}=1$, maka tetap seperti itu, begitu juga saat $Q=1$ dan $\bar{Q}=0$. Akan tetapi apabila pulsa clock berlogika 1,

maka perubahan pada input R dan S dapat mengakibatkan perubahan pada output Q. Meski begitu, saat clock=1, S=1, R=1, adalah kondisi terlarang karena $Q = \bar{Q}$.



Gambar.3.12 CSR flip-flop dari palang gerbang NAND, NOR dan simbol blok



Gambar.3.13 Karakteristik input clock, R, S terhadap output Q dan \bar{Q}

Tabel.3.3 Tabel kebenaran CSR flip-flop

| CSR FF NAND Latches | | | | | |
|---------------------|---|---|--------|-----------|------------------|
| Clock | S | R | Output | | Keterangan |
| | | | Q | \bar{Q} | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | Q=1, set |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | memori |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | memori |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | memori |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | terlarang |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | memori terlarang |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | Q=0, reset |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | memori |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | memori |

| CSR FF NOR Latches | | | | | |
|--------------------|---|---|--------|-----------|------------------|
| Clock | S | R | Output | | Keterangan |
| | | | Q | \bar{Q} | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | Q=1, set |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | memori |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | memori |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | memori |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | terlarang |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | memori terlarang |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | Q=0, reset |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | memori |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | memori |

Dari tabel kebenaran SR flip-flop (berlaku juga pada CSR flip-flop), kita dapatkan bahwa:

- Jika kondisi Set = 0 dan Reset terserah (0 atau 1) maka, saat Q sekarang (Q_t) = 0 maka Q berikutnya (Q_{t+1}) = 0
- Jika kondisi Set = 1 dan Reset = 0 maka, saat Q sekarang (Q_t) = 0 maka Q berikutnya (Q_{t+1}) = 1
- Jika kondisi Set = 0 dan Reset = 1 maka, saat Q sekarang (Q_t) = 1 maka Q berikutnya (Q_{t+1}) = 0
- Jika kondisi Set terserah (0 atau 1) dan Reset = 0 maka, saat Q sekarang (Q_t) = 1 maka Q berikutnya (Q_{t+1}) = 1

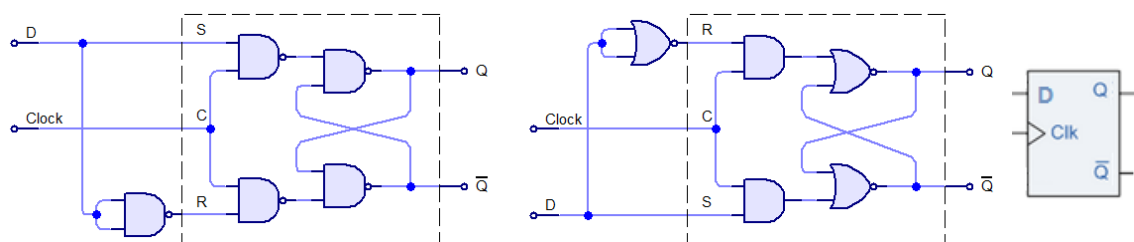
Berikut ini adalah tabel eksitasi SR flip-flop :

Tabel.3.4 Tabel Eksitasi Set-Reset Flip-Flop

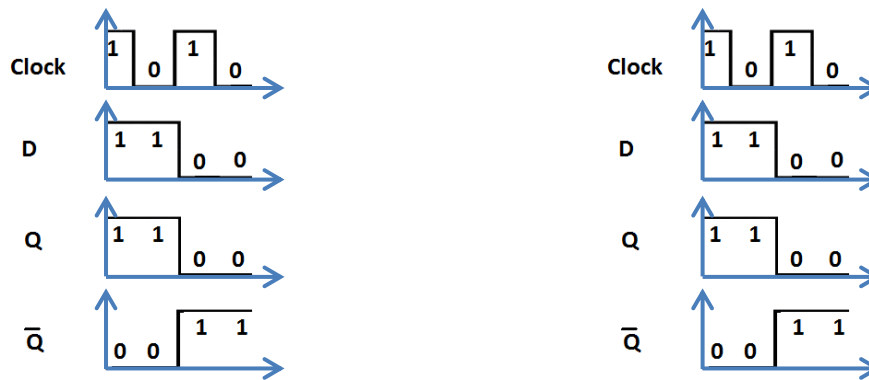
| Input SR ff | | Perubahan Output | |
|----------------|-------|---------------------|-----------|
| Set | Reset | Q_t | Q_{t+1} |
| 0 | X | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| X | 0 | 1 | 1 |

3. Data Flip-Flop

Input D disebut "data", karakteristik D flip-flop adalah output akan menyajikan data sesuai input D flip-flop. Suatu D flip-flop bisa dirancang dari sebuah CSR flip-flop dengan menggabungkan input S dan invert input R.



Gambar.3.14 D flip-flop dari gerbang NAND dan NOR beserta simbol blok



Gambar.3.15 Karakteristik input D terhadap output Q dan \bar{Q}

Tabel.3.5 Tabel kebenaran D flip-flop

| D FF NAND Latches | | | | | D FF NOR Latches | | | | |
|-------------------|---|--------|-----------|---------------|------------------|---|--------|-----------|---------------|
| Clock | D | Output | | Keterangan | Clock | D | Output | | Keterangan |
| | | Q | \bar{Q} | | | | Q | \bar{Q} | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | Data, $D = Q$ | 1 | 1 | 1 | 0 | Data, $D = Q$ |
| 0 | 0 | 1 | 0 | memori | 0 | 0 | 1 | 0 | memori |
| 1 | 0 | 0 | 1 | Data, $D = Q$ | 1 | 0 | 0 | 1 | Data, $D = Q$ |
| 0 | 1 | 0 | 1 | memori | 0 | 1 | 0 | 1 | memori |

Hampir sama dengan CSR flip-flop, input D flip-flop hanya akan berpengaruh pada output Q jika clock berlogika 1. Jika clock berlogika 0 maka output Q adalah kondisi sebelumnya (memori). Namun perbedaannya dengan CSR flip-flop, D flip-flop tidak memiliki kondisi terlarang. Dari kondisi inilah D flip-flop menjadi dasar sel memori.

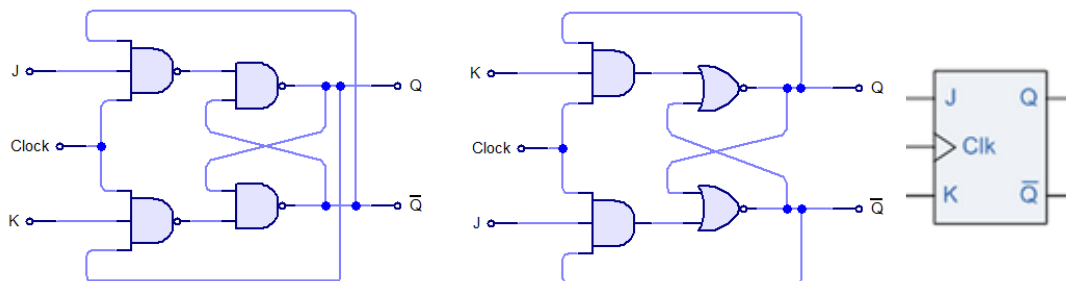
Dari tabel kebenaran, kita lihat bahwa, perubahan Q berikutnya (Q_{t+1}) sesuai dengan kondisi input D yang diberikan, maka tabel eksitasi untuk Data flip-flop adalah :

Tabel.3.6 Tabel Eksitasi Data Flip-Flop

| D | Q_{t+1} |
|---|-----------|
| 0 | 0 |
| 1 | 1 |

4. JK Flip-Flop

JK flip-flop diambil dari nama Jack Kilby, dia adalah seorang insinyur penemu IC dari Texas. Dua masukan dari JK Flip-flop adalah J (set/ S) dan K (reset/ R). Sebuah JK flip-flop tidak lain adalah sebuah RS flip-flop dengan dua gerbang yang ditambahkan. Berbeda dengan RS flip-flop maupun CSR flip-flop; JK flip-flop memanfaatkan *feed back* (umpan balik) untuk menghindari keadaan terlarang $Q = \bar{Q}$ (pada SR flip-flop). Output Q dan \bar{Q} dikirim kembali ke lokasi input berlawanan. Output Q diumpankan ke input K, sedangkan output \bar{Q} ke input J. Dengan cara seperti ini Q dan \bar{Q} dijamin akan selalu berlawanan satu sama lain.



Gambar.3.16 JK flip-flop dari gerbang NAND dan NOR beserta simbol bloknnya

Tabel.3.7 Tabel kebenaran JK flip-flop

| JK FF | | | | | | | | | |
|-------|---|---|--------|-------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------|------------|
| Clock | J | K | Output | | $\overline{\text{set}}$ | $\overline{\text{reset}}$ | Output berikutnya | | Keterangan |
| | | | Q_t | \bar{Q}_t | | | Q_{t+1} | \bar{Q}_{t+1} | |
| 0 | - | - | - | - | 1 | 1 | Q_t | \bar{Q}_t | memori |
| 1 | 0 | 0 | - | - | 1 | 1 | Q_t | \bar{Q}_t | memori |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | memori |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | reset |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | set |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | memori |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | set |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | reset |

Keterangan:

Q_t adalah output Q sekarang, dan Q_{t+1} adalah output Q berikutnya

Memori adalah kondisi Q_t tetap, $Q_t = Q_{t+1}$

Set adalah kondisi perubahan Q_t , dari $Q_t = 0$ menjadi $Q_{t+1} = 1$

Reset adalah kondisi perubahan Q_t , dari $Q_t = 1$ menjadi $Q_{t+1} = 0$

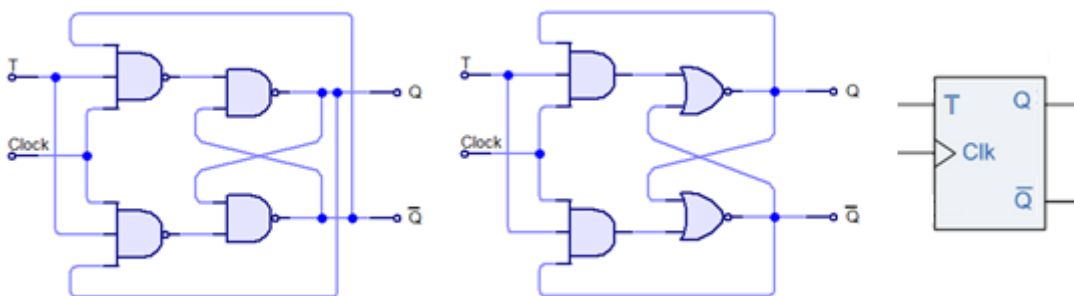
Dari tabel kebenaran, kita dapatkan kondisi-kondisi pokok dalam bentuk tabel eksitasi :

Tabel.3.8 Tabel Eksitasi JK Flip-Flop

| Input | | Perubahan Output | |
|-------|---|------------------|------------------|
| JK ff | | | |
| J | K | Q _t | Q _{t+1} |
| 0 | X | 0 | 0 |
| 1 | X | 0 | 1 |
| X | 1 | 1 | 0 |
| X | 0 | 1 | 1 |

5. Toggle Flip-Flop

Mirip dengan JK flip-flop, T flip-flop adalah JK flip-flop versi input tunggal dengan menghubungkan kedua input J dan K. Flip-flop ini hanya memiliki satu masukan dengan pulsa clock. Disebut "toggle" flip-flop karena kemampuannya untuk melengkapi sebuah kondisi yakni "peralihan".



Gambar.3.17 T flip-flop dari gerbang NAND, NOR beserta simbol bloknnya

Ketika $T = 1$ dan $\text{Clock} = 1$, flip-flop membalikkan (komplemen) nilai output. Sehingga kondisi Q berikutnya adalah komplemen dari keadaan Q sekarang. Sedangkan ketika $T = 0$, output Q tidak berubah. Kondisi Q berikutnya sama dengan keadaan Q sekarang.

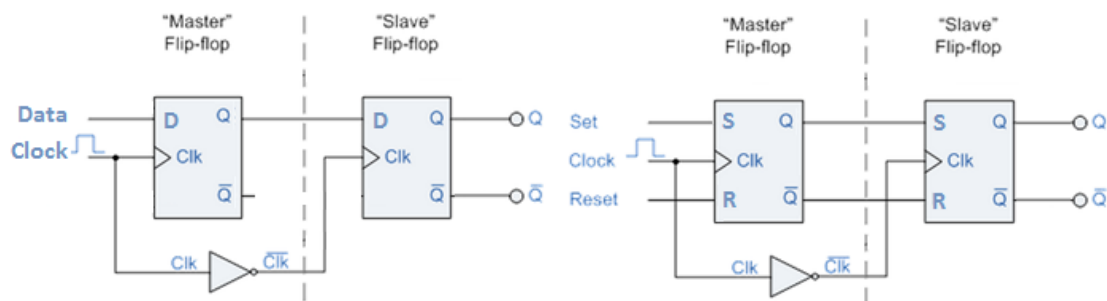
Tabel.3.9 Tabel kebenaran T flip-flop

| Clock | T | Output | | Keterangan |
|-------|---|--------|-----------|--|
| | | Q | \bar{Q} | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | memori |
| 1 | 1 | 0 | 1 | Toggle, komplemen Q=0 untuk Q berikutnya |
| 0 | 1 | 1 | 0 | Q=1, hasil komplemen Q sebelumnya |
| 1 | 0 | 1 | 0 | Q=1, adalah memori dari Q sebelumnya |

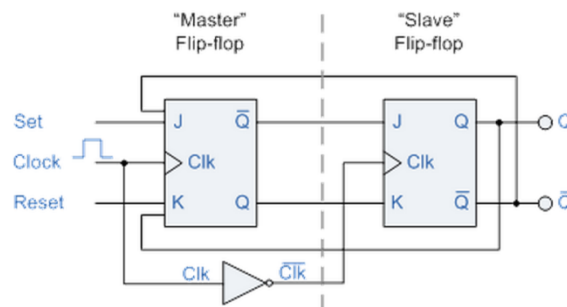
6. Master-Slave Flip-Flop

Flip-flop ini terdiri dari dua flip-flop yang disebut Master dan Slave. Rangkaian secara umum Master-Slave flip-flop ini adalah, output dari Master flip-flop menjadi input untuk Slave flip-flop. Input clock Master flip-flop mendapat pulsa dari clock secara langsung. Sedangkan clock input Slave adalah invert/ NOT dari clock input Master.

Mengapa ada Master-Slave flip-flop, jika rangkaian yang sederhana sudah ada? Sebuah flip-flop yang berdiri sendiri mempunyai respon input yang sangat sensitif. Respon yang terlalu sensitif ini menjadi kelemahan semua flip-flop.



Gambar.3.18 Master-Slave D flip-flop dan Master-Slave SR flip-flop



Gambar.3.19 Master-Slave JK flip-flop



Selama satu siklus clock tunggal, keadaan output mungkin mengalami beberapa perubahan tergantung pada perilaku dari sinyal input selama periode ketika clock = 1. Sedangkan untuk beberapa aplikasi hanya membutuhkan sekali perubahan output selama satu siklus clock tunggal, sedangkan kepekaan tersebut seringkali merugikan. Untuk sistem seperti ini, Master-Slave flip-flop adalah solusinya.

Siklus tunggal clock adalah keadaan naik kemudian turun, atau dari turun kemudian naik.



Gambar.3.20 Siklus clock tunggal

Fungsi gerbang NOT pada clock adalah sebagai pengendali antara Master dan Slave.

-  Kondisi pada separuh pertama siklus tunggal:
Saat Master aktif, output Q dan \bar{Q} "terkunci" sementara. Keadaan ini terjadi karena Slave masih non-aktif.
-  Kondisi pada separuh kedua siklus tunggal:
Saat Master non-aktif, Slave dalam keadaan aktif. Kemudian output Q dan \bar{Q} dari master yang sempat "terkunci" diteruskan ke input Slave kemudian dikeluarkan dari output Q dan \bar{Q} Slave flip-flop.

Dengan cara seperti inilah, satu siklus clock tunggal hanya ada sekali perubahan output flip-flop.

Rangkuman

Dalam perancangan pembangkit gelombang kotak dengan IC 555 untuk menentukan nilai komponen, frekuensi dan *duty cycle*, bisa dihitung dengan rumus:

$$\text{Frekuensi (F)} = 1/T = 2D/ C(RA + 2RB)$$

$$\text{Duty cycle (D)} = th/T = 1-RB/ (RA + 2RB)$$

$$th = D C(RA + RB) \text{ sedangkan } tl = D C RB$$

$$T = th + tl = D C(RA + 2RB)$$

Tabel.3.10 Tabel Eksitasi Flip-Flop

| Perubahan Output | | Logika input sesuai dengan karakter ff | | | | | |
|---------------------|-----------|--|---|-------|---|------|------|
| | | SR ff | | JK ff | | D ff | T ff |
| Q_t | Q_{t+1} | S | R | J | K | D | T |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | X | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | X | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | X | 0 | X | 0 | 1 | 0 |

Evaluasi

Jawablah soal-soal dibawah ini!

1. Apakah yang dimaksud dengan flip-flop?
2. Bagaimanakah suatu SR flip-flop dikatakan dalam keadaan "set"?
3. Pada SR flip-flop, kondisi yang bagaimana keadaan disebut terlarang?
4. Apa yang dimaksud dengan CSR flip-flop?
5. Pada CSR flip-flop, kondisi yang bagaimana keadaan disebut terlarang?
6. Bagaimanakah karakteristik input terhadap output pada D flip-flop?
7. Apa yang membedakan JK flip-flop dengan SR flip-flop?
8. Bagaimanakah T flip-flop itu?
9. Untuk apakah sebuah rangkaian Master-Slave flip-flop?
10. Gambarkan rangkaian palang gerbang SR flip-flop, CSR flip-flop, D flip-flop, JK flip-flop, T flip-flop, Master-Slave flip-flop, beserta simbol bloknnya masing-masing!

Register



Materi :

- A. Register**
- B. Transfer Data**

Tujuan Pembelajaran :

- A. Dapat menjelaskan Register**
- B. Dapat menjelaskan macam-macam transfer data Register**

Motivasi

Pernahkah Anda mengetik angka pada sebuah kalkulator?

Pada layar kalkulator biasanya menampilkan angka sesuai dari tombol yang ditekan. Angka ditampilkan dari digit paling kanan (digit terendah) kemudian bergeser ke kiri.



Gambar.4.1 Kalkulator

Tentu sudah tidak asing kan? Pergeseran dari kanan ke kiri ini disebut dengan transfer data. Dalam sistem digital pengiriman sebuah deret data bit dilakukan secara serial dan paralel. Tapi, bagaimana prosesnya secara mendasar? Apa saja yang perlu dipersiapkan? Mari kita pelajari!

Semangat belajar!

A. Register

Sebuah flip-flop adalah sel memori 1 bit yang dapat digunakan untuk menyimpan data digital. Untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan dalam hal jumlah bit, kita harus menggunakan sekelompok flip-flop. Sekelompok flip-flop ini dikenal sebagai Register. Register n-bit akan terdiri dari sejumlah n flip-flop. Misal sebuah register 4-bit, maka flip-flop yang digunakan sebanyak 4 flip-flop. Flip-flop penyusunnya bisa SR flip-flop, JK flip-flop, D flip-flop, maupun T flip-flop (dengan karakternya masing-masing).

Data biner dalam register dapat dipindahkan dari satu flip-flop ke flip-flop berikutnya. Register yang memungkinkan transfer data tersebut disebut sebagai Register Geser (*Shift Register*). Pada dasarnya, perpindahan data pada register geser dilakukan secara serial. Ada beberapa macam pergeseran register, diantaranya Register Geser Kiri (*Shift Left Register*), Register Geser Kanan (*Shift Right Register*), Register Geser Melingkar (*Shift Around Register*).

1. Register Geser Kiri

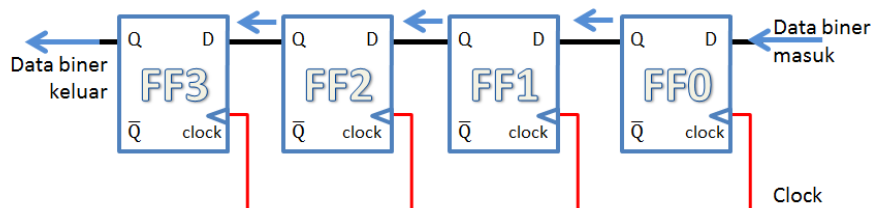
Sesuai namanya, register ini “bergerak” ke kiri. Artinya, register ini mendapatkan input awalan dari kanan (bit tertinggi pada register) menuju ke kiri (bit terendah). Bit tertinggi pada biner disebut *Most Significant Bit* (MSB) dan bit terendah pada biner disebut *Least Significant Bit* (LSB).

Misal, sebuah register 8-bit dengan data biner 1101 1001, manakah yang MSB dan LSB ?

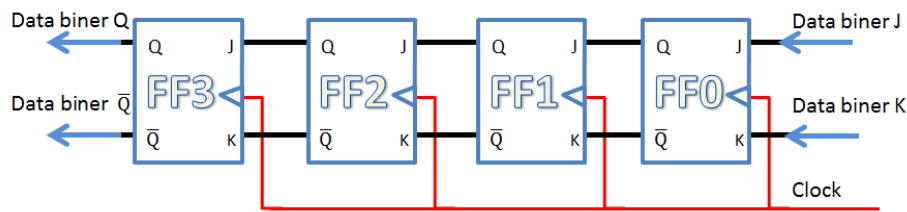
| bit ke 7 | bit ke 6 | bit ke 5 | bit ke 4 | bit ke 3 | bit ke 2 | bit ke 1 | bit ke 0 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| MSB | | | | | | | LSB |

Dengan kata lain, Register Geser Kiri “bergerak” dari LSB ke MSB.

Contoh rangkaian Register Geser Kiri 4 bit :



Gambar.4.2 Register Geser Kiri 4-bit D flip-flop



Gambar.4.3 Register Geser Kiri 4-bit JK flip-flop

Gambar di atas adalah gambaran rangkaian register 4-bit secara umum. Flip-flop dirangkai secara serial, dengan satu clock untuk bersama. Register sebanyak n-bit mempunyai arti ada sebanyak n tahap register geser kiri. Tahap pertama pada FF0 (bit 0), tahap kedua pada FF1 (bit 1), tahap ketiga pada FF2 (bit 2), tahap keempat pada FF3 (bit 3), dan seterusnya sampai tahap ke-n pada FF(n-1).

Tabel.4.1 Operasi Register Geser Kiri dengan memori 0 0 0 0 pada clock ke 0

| Clock ke | Data input | Output Q pada flip-flop | | | |
|----------|------------|-------------------------|-----|-----|-----|
| | | FF3 | FF2 | FF1 | FF0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabel.4.2 Operasi Register Geser Kiri dengan memori 1 1 1 1 pada clock ke 0

| Clock ke | Data input | Output Q pada flip-flop | | | |
|----------|------------|-------------------------|-----|-----|-----|
| | | FF3 | FF2 | FF1 | FF0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |

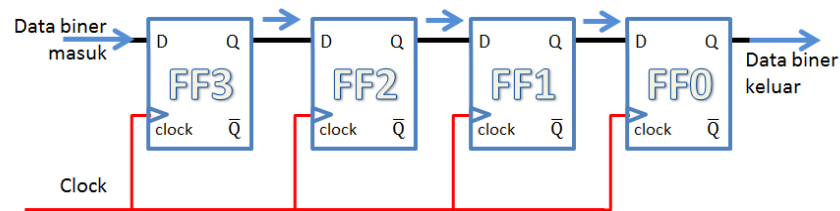
Tabel.4.3 Operasi Register Geser Kiri dengan memori 0 1 1 1 pada clock ke 0

| Clock ke | Data input | Output Q pada flip-flop | | | |
|----------|------------|-------------------------|-----|-----|-----|
| | | FF3 | FF2 | FF1 | FF0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

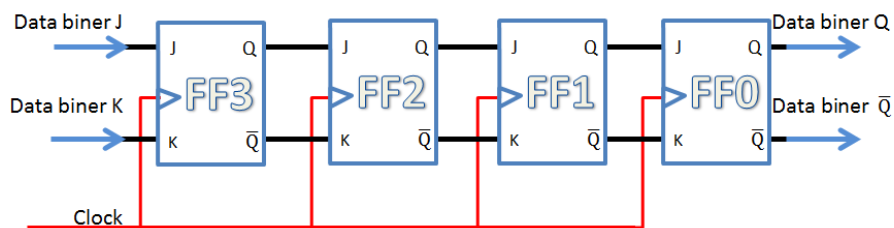
2. Register Geser Kanan

Arah pergeseran Register Geser Kanan dari MSB ke LSB. Flip-flop bit tertinggi mendapat input awalan lebih dulu.

Contoh rangkaian Register Geser Kanan 4 bit :



Gambar.4.4 Register Geser Kanan 4-bit D flip-flop



Gambar.4.5 Register Geser Kanan 4-bit JK flip-flop

Berkebalikan dengan Register Geser Kiri, jika Register Geser Kanan sebanyak 4-bit seperti gambar di atas, maka tahap pertama terjadi pada FF3 (bit 3), tahap kedua pada FF2 (bit 2), tahap ketiga pada FF1 (bit 1), tahap keempat pada FF0 (bit 0).

Tabel.4.4 Operasi Register Geser Kanan dengan memori 0 0 0 0 pada clock ke 0

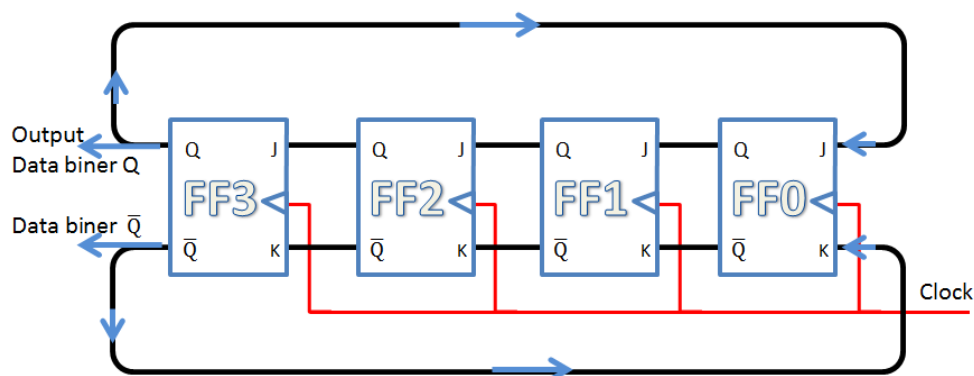
| Clock ke | Data input | Output Q pada flip-flop | | | |
|----------|------------|-------------------------|-----|-----|-----|
| | | FF3 | FF2 | FF1 | FF0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabel.4.5 Operasi Register Geser Kanan dengan memori 1 1 0 1 pada clock ke 0

| Clock ke | Data input | Output Q pada flip-flop | | | |
|----------|------------|-------------------------|-----|-----|-----|
| | | FF3 | FF2 | FF1 | FF0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

3. Register Geser Melingkar

Register Geser Melingkar (*Shift Around Register*) ini merupakan pengembangan dari register geser kanan/kiri. Output dari register ini dikembalikan ke inputnya. Jadi, ada dua macam arah melingkar register ini, yakni Register Geser Melingkar ke kiri, dan Register Geser Melingkan ke kanan.



Gambar.4.6 Register Geser Melingkar ke Kiri 4-bit JK flip-flop

Tabel.4.6 Operasi Register Geser Melingkar ke Kiri dengan memori awal 1 1 0 1

| Clock ke | Output Q pada flip-flop | | | |
|----------|-------------------------|-----|-----|-----|
| | FF3 | FF2 | FF1 | FF0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 4 | 1 | 1 | 0 | 1 |

Mengingat Kembali

1. Disebut apakah bit terkecil pada deret bilangan biner?
2. Berapa bit-kah memori dalam satu buah flip-flop?
3. Jika sebuah register menerima data input dari bit terbesar, register apakah itu?

Latihan

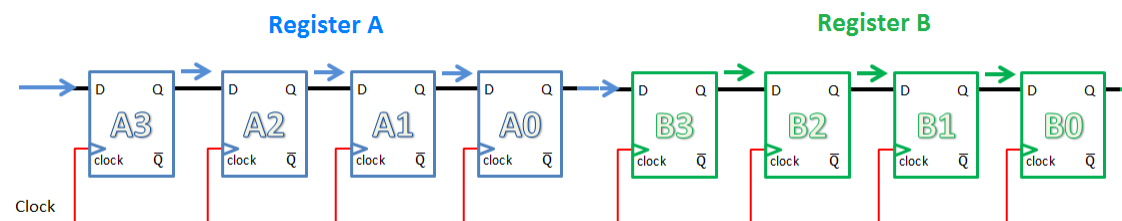
1. Lengkapilah tabel operasi register geser melingkar ke kiri dengan memori awal 1001

| Clock ke | Output Q pada flip-flop | | | |
|----------|-------------------------|-----|-----|-----|
| | FF3 | FF2 | FF1 | FF0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |

2. Berapa bit-kah register dari soal di atas?

B. Transfer Data

Telah kita singgung di awal, bahwa ada dua cara transfer yang mendasar yakni serial dan paralel. Sebagai contoh transfer data serial menggunakan register geser (*shift register*), misalnya register A dengan data biner 1101 ditransfer ke register B secara serial.

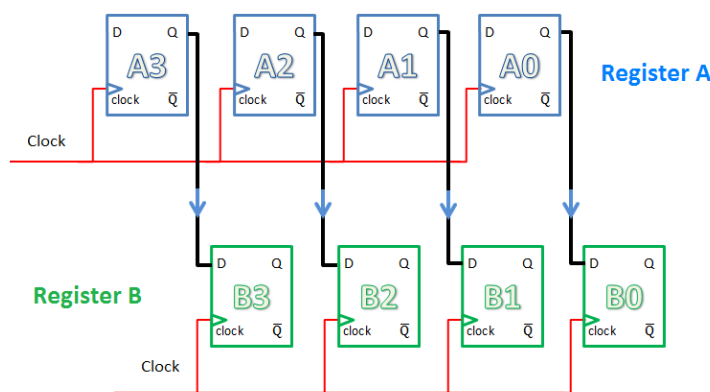


Gambar.4.7 Transfer Serial Data 4 bit dari Register A ke Register B

Tabel.4.7 Operasi Transfer Serial Data 1101 dari Register A ke Register B

| Clock ke | Register A | | | | Register B | | | |
|----------|------------|----|----|----|------------|----|----|----|
| | A3 | A2 | A1 | A0 | B3 | B2 | B1 | B0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |

Contoh rangkaian transfer data secara parallel register A dengan data biner 1101 ditransfer ke register B :



Gambar.4.8 Transfer Parallel Data 4 bit dari Register A ke Register B

Tabel.4.8 Operasi Transfer Parallel Data 1101 dari Register A ke Register B

| Clock ke | Register A | | | | Register B | | | |
|----------|------------|----|----|----|------------|----|----|----|
| | A3 | A2 | A1 | A0 | B3 | B2 | B1 | B0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |

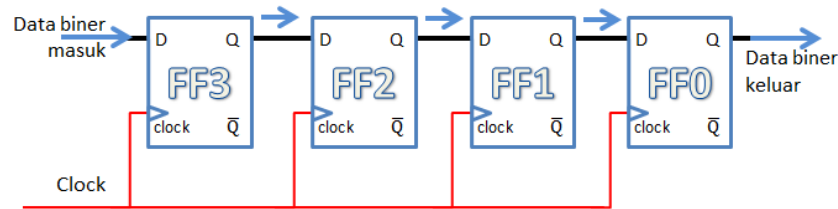
Kita lihat dari gambar dan tabel diatas, bahwa rangkaian transfer serial dengan menggunakan 1 sambungan antara register A dan B terlihat sederhana namun membutuhkan waktu selama 4 clock untuk memindahkan semua data. Sedangkan rangkaian transfer parallel di atas membutuhkan 4 sambungan, namun cukup 1 clock untuk menyelesaikan pemindahan data. Dari kekurangan dan kelebihan masing-masing ada 4 mode operasi transfer data:

Serial Input Serial Output (SISO), Serial Input Parallel Output (SIPO)

Parallel Input Serial Output (PISO), Parallel Input Parallel Output (PIPO)

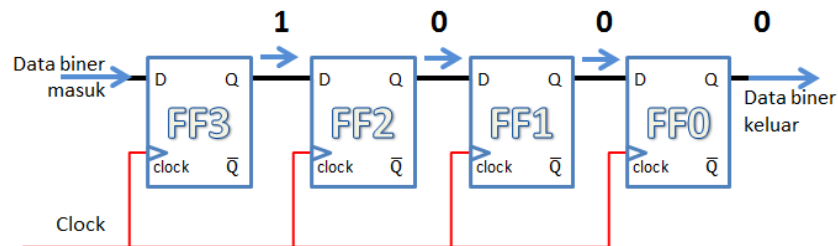
1. SISO

Serial Input Serial Output (SISO), adalah transfer data dari bit ke bit, dan dikeluarkan bertahap bit per bit. Kita ambil contoh Register Geser Kanan 4 bit :



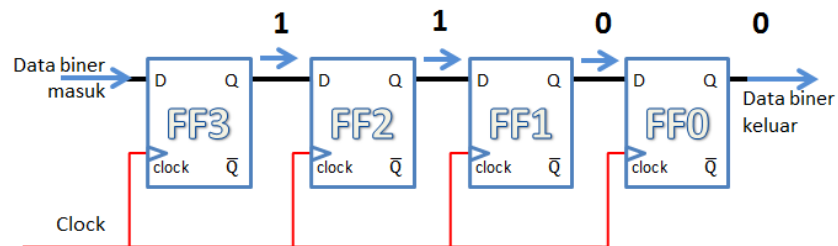
Gambar.4.9 Transfer SISO Data 4 bit Register A

Pada clock ke 0 kita reset data register 4 bit diatas menjadi 0000, untuk memasukkan data 1111 dilakukan bertahap, dan ditampilkan secara bertahap. clock ke 1 data 1 mulai masuk ke bit 3, output 1000



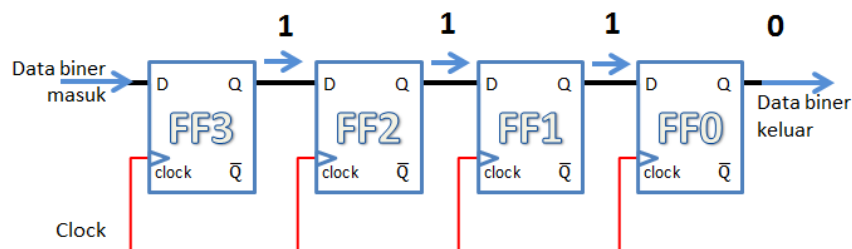
Gambar.4.10 Transfer SISO Data 4 bit Register A tahap pertama

clock ke 2 data 1 mulai masuk ke bit 3, data dari bit 3 ke bit 2, output 1100



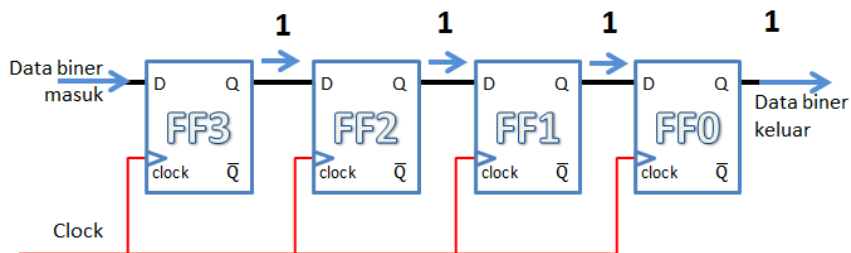
Gambar.4.11 Transfer SISO Data 4 bit Register A tahap kedua

clock ke 3 data 1 mulai masuk ke bit 3, data dari bit 3 ke bit 2, data dari bit 2 ke bit 1, output 1110



Gambar.4.12 Transfer SISO Data 4 bit Register A tahap ketiga

clock ke 4 data 1 mulai masuk ke bit 3, data dari bit 3 ke bit 2, data dari bit 2 ke bit 1, data dari bit 1 ke bit 0, output 1111. Pada clock ke 4 ini data ditampilkan sepenuhnya.



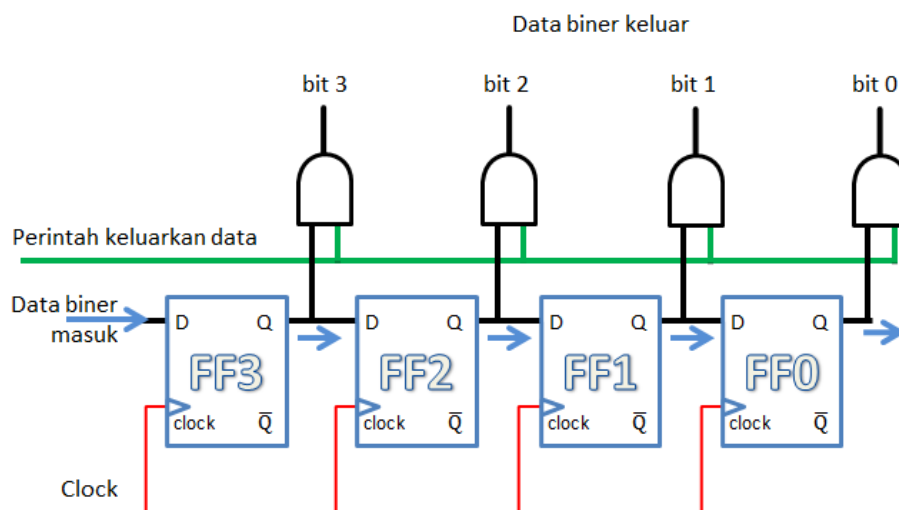
Gambar.4.13 Transfer SISO Data 4 bit Register A tahap keempat

Tabel.4.9 Operasi transfer data 1001 secara SISO

| Clock ke | Data input | Output Q pada flip-flop | | | |
|----------|------------|-------------------------|-----|-----|-----|
| | | FF3 | FF2 | FF1 | FF0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

2. SIPO

Serial Input Parallel Output (SIPO), adalah transfer data dari bit ke bit kemudian “disimpan sementara”, lalu dikeluarkan serempak semua bit.



Gambar.4.14 Transfer SIPO Data 4 bit Register A

Misal, data 1011 ditransfer secara SIPO, pada gambar di atas rangkaian SISO ditambahkan gerbang AND di setiap output flip-flop sebagai output

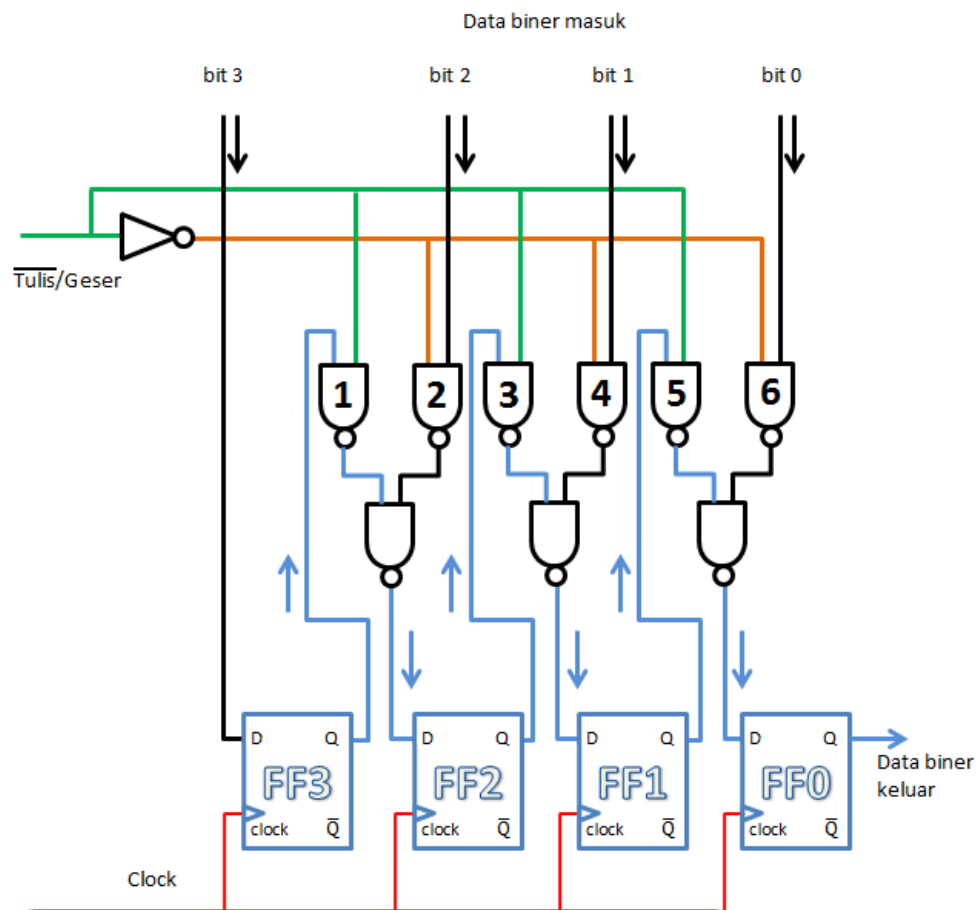
parallel. Selama “perintah keluarkan data” berlogika 0, output tetap pada 0000. Jika semua flip-flop sudah terisi memori sesuai yang dikehendaki dan “perintah keluarkan data” berlogika 1, maka output akan mengeluarkan data secara serempak 1011.

Tabel.4.10 Operasi transfer data 1011 secara SIPO

| Perintah keluarkan data | Clock ke | Input Data | Q Flip-Flop | | | | Output Parallel | | | |
|----------------------------|-------------|---------------|-------------|-----|-----|-----|-----------------|------|------|------|
| | | | FF3 | FF2 | FF1 | FF0 | bit3 | bit2 | bit1 | bit0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 4 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 5 | - | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

3. PISO

Parallel Input Serial Output (PISO), adalah transfer data input serempak, dengan output dikeluarkan bertahan bit per bit.



Gambar.4.15 Transfer PISO Data 4 bit Register A

Ada dua mode dari rangkaian diatas, yakni mode tulis dan mode geser.

Mode Tulis (parallel input)

Mode tulis adalah saat "tulis/geser" berlogika 0. Pada keadaan ini data dimasukkan secara serempak karena gerbang NAND 2,4 dan 6 aktif. Data melewati bit 3, bit 2, bit 1, dan bit 0 menuju flip-flop masing-masing.

Mode Geser (serial output)

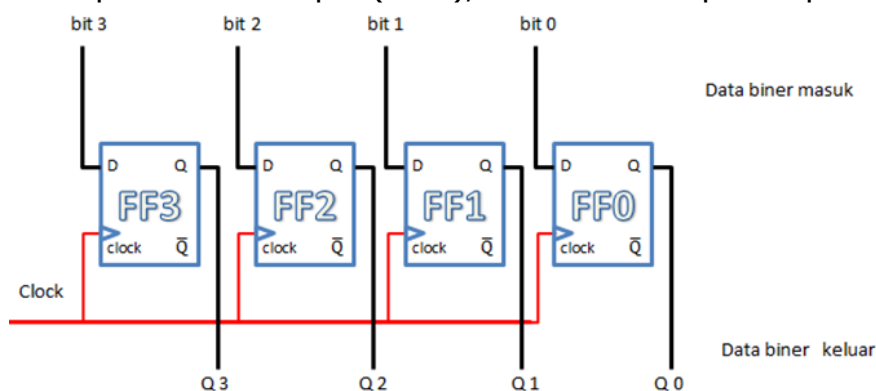
Mode geser adalah saat "tulis/geser" berlogika 1, gerbang 2,4 dan 6 menjadi tidak aktif. Tapi gerbang 1,3 dan 5 menjadi aktif. Sehingga terjadi pergeseran data dari kiri ke kanan bit per bit pada setiap clock.

Tabel.4.11 Operasi transfer data 1001 secara PISO

| Clock ke | Keadaan | Q Flip-Flop | | | | Output Serial | | | |
|----------|-------------------------------|-------------|-----|-----|-----|---------------|------|------|------|
| | | FF3 | FF2 | FF1 | FF0 | bit3 | bit2 | bit1 | bit0 |
| 0 | Data | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | Mode Tulis Flip-Flop input | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Mode Geser | → | | | | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Mode Geser | → | → | | | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | Mode Geser | → | → | → | | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 5 | Mode Geser | → | → | → | → | 1 | 0 | 0 | 1 |

4. PIPO

Parallel Input Parallel Output (PIPO), transfer data input-output serempak.



Gambar.4.16 Transfer PIPO Data 4 bit Register A

Tabel.4.12 Operasi transfer data 0101 secara PIPO

| Clock ke | Input | | | | Output | | | |
|----------|-------|------|------|------|--------|----|----|----|
| | bit3 | bit2 | bit1 | bit0 | Q3 | Q2 | Q1 | Q0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |

Rangkuman

Register n-bit terdiri dari sejumlah n flip-flop. Flip-flop penyusunnya bisa SR flip-flop, JK flip-flop, D flip-flop, maupun T flip-flop.

Transfer data serial adalah transfer data secara bertahap bit per bit, dari bit terkecil (LSB) sampai ke bit terbesar (MSB). Register yang menerapkan transfer data serial adalah Register Geser (*Shift Register*).

Transfer data parallel adalah transfer data secara serempak semua bit.

Ada 4 mode operasi transfer data:

1. Serial Input Serial Output (SISO)
2. Serial Input Parallel Output (SIPO)
3. Parallel Input Serial Output (PISO)
4. Parallel Input Parallel Output (PIPO)

Evaluasi

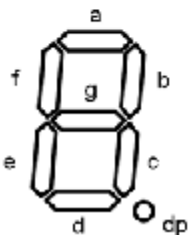
Jawablah soal-soal dibawah ini!

- 1) Apa yang Anda ketahui tentang register?
- 2) Sebut dan jelaskan cara transfer data suatu register!
- 3) Apa yang Anda ketahui tentang *shift register*?
- 4) Apa saja macam *shift register*?
- 5) Jelaskan secara singkat dan gambarkan transfer data register berikut ini!
 - a. SISO
 - b. SIPO
 - c. PISO
 - d. PIPO

Encoder Decoder



0 5
1 6
2 7
3 8
4 9



Materi :

- A. Decoder**
- B. Encoder**
- C. Multiplexer**
- D. Demultiplexer**

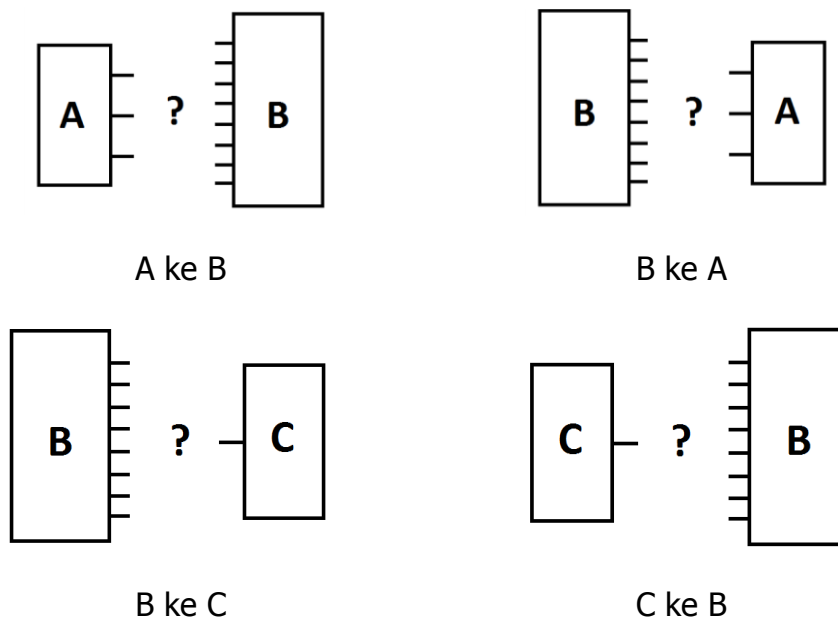
Tujuan Pembelajaran :

- A. Dapat menjelaskan macam-macam Decoder**
- B. Dapat menjelaskan macam-macam Encoder**
- C. Dapat menjelaskan macam-macam Multiplexer**
- D. Dapat menjelaskan macam-macam Demultiplexer**

Motivasi

Sering kali saat transmisi data, bit data suatu perangkat berbeda spesifikasi dengan bit data perangkat yang dituju. Ada kalanya penyesuaian jumlah bit data ini dari yang bit datanya lebih banyak menuju ke bit data yang lebih sedikit, atau sebaliknya.

Misal perangkat A mempunyai *port* 3 bit, perangkat B sebanyak 8 bit, dan C sebanyak 1 bit saja. Bagaimanakah transmisi data dari A ke B; B ke A; B ke C; dan C ke B?



Gambar.5.1 Ilustrasi Transmisi Data berbeda bit

Dari permasalahan diatas, agar data perangkat satu bisa diterima perangkat yang lain, kita memerlukan suatu rangkaian yang disebut "Pengkode". Kode-kode bit dari perangkat sebelumnya di-kodekan sesuai dengan bit perangkat yang dituju. Pada permasalahan A ke B di atas, kita memerlukan pengkode yang disebut "*Decoder*", kalau B ke A kita memerlukan "*Encoder*", sedangkan B ke C kita memerlukan "*Multiplexer*", dan pada permasalahan C ke B kita memerlukan "*Demultiplexer*". Bagaimana kita merancangnya? Mari kita pelajari!

Semangat Belajar!

A. Decoder

Karakteristik pengkode ini adalah output lebih banyak dari input. Jika dilihat dari gerbang pembentuknya, ada dua jenis decoder yakni; *active HIGH* dan *active LOW*. Disebut *active HIGH* karena hanya aktif jika diberi masukan logika 1, dengan kata lain decoder ini dibentuk dari gerbang AND. Sedangkan *active LOW* hanya aktif jika diberi masukan logika 0, dengan kata lain decoder ini dibentuk dari gerbang NAND.

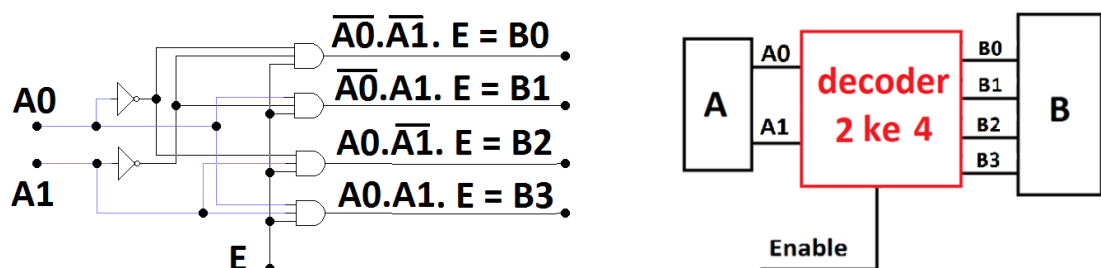
Pada dasarnya, input decoder sebanyak n bit maka outputnya sebanyak 2^n bit. Misalnya, input sebuah decoder sebanyak 2 bit, maka outputnya 2^2 bit = 4 bit. Kalau input 3 bit, output 2^3 bit = 8 bit. Dalam perkembangannya, selain dekoder n bit ke 2^n bit ada beberapa decoder yang lain, seperti BCD ke 7 segmen dan BCD ke 10 *line*.

1. Decoder n bit ke 2^n bit

Decoder ini mempunyai input sebanyak n bit dengan output 2^n bit. Decoder ini hanya mempunyai satu output yang berlogika 1 (*active HIGH*) sesuai dengan nomor inputnya.

Decoder 2 bit ke 4 bit

Misal, sebuah decoder dengan input A_1, A_0 dan output B_3, B_2, B_1, B_0 :



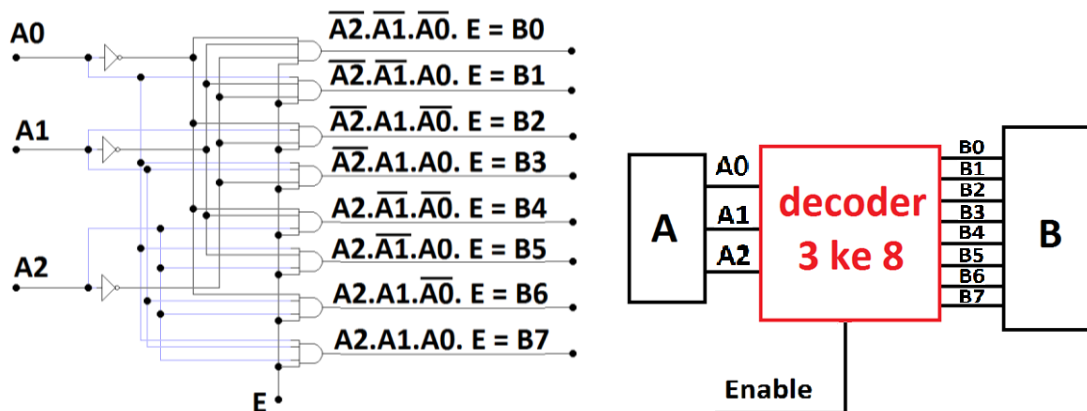
Gambar.5.2 Rangkaian decoder 2 bit ke 4 bit

Tabel.5.1 Tabel kebenaran decoder 2 bit ke 4 bit (*active HIGH*)

| Enable | Input | | Output | | | |
|--------|-------|----|--------|----|----|----|
| | A1 | A0 | B3 | B2 | B1 | B0 |
| 0 | x | x | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Decoder 3 bit ke 8 bit

Misal, sebuah decoder dengan input A2, A1, A0 dan output B7, B6, B5, B4, B3, B2, B1, B0 :



Gambar.5.3 Rangkaian decoder 3 bit ke 8 bit

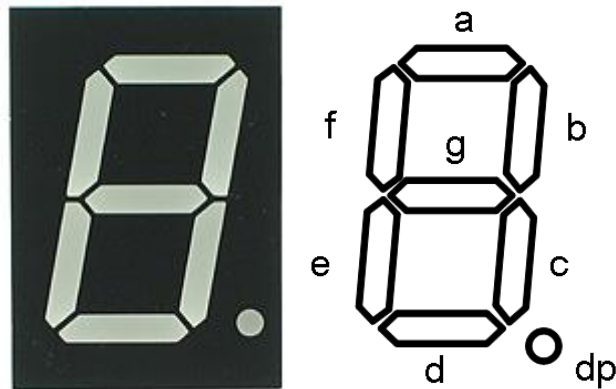
Tabel.5.2 Tabel kebenaran decoder 3 bit ke 8 bit (*active HIGH*)

| Enable | Input | | | Output | | | | | | | |
|--------|-------|----|----|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| | A2 | A1 | A0 | B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
| 0 | x | x | x | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

2. BCD ke 7 Segmen

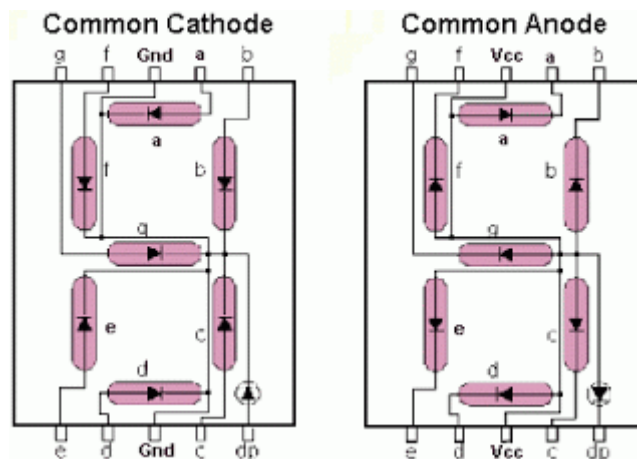
Sudah kita ketahui, bahwa BCD adalah biner yang dikodekan seperti bilangan desimal. Tapi, apakah yang dimaksud dengan 7 segmen?

7 segmen adalah salah satu *display* atau penampil (piranti output). Penampil 7 segmen mempunyai 7 LED yang diposisikan sedemikian rupa, hingga mampu menampilkan angka 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan beberapa karakter lain.



Gambar.5.4 Penampil 7 segmen dengan titik *dot point* (dp)

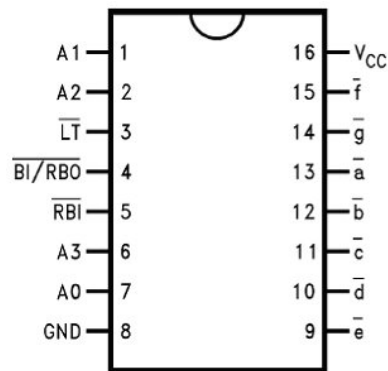
Ada dua jenis 7 segmen yakni, *common cathode* dan *common anode*.



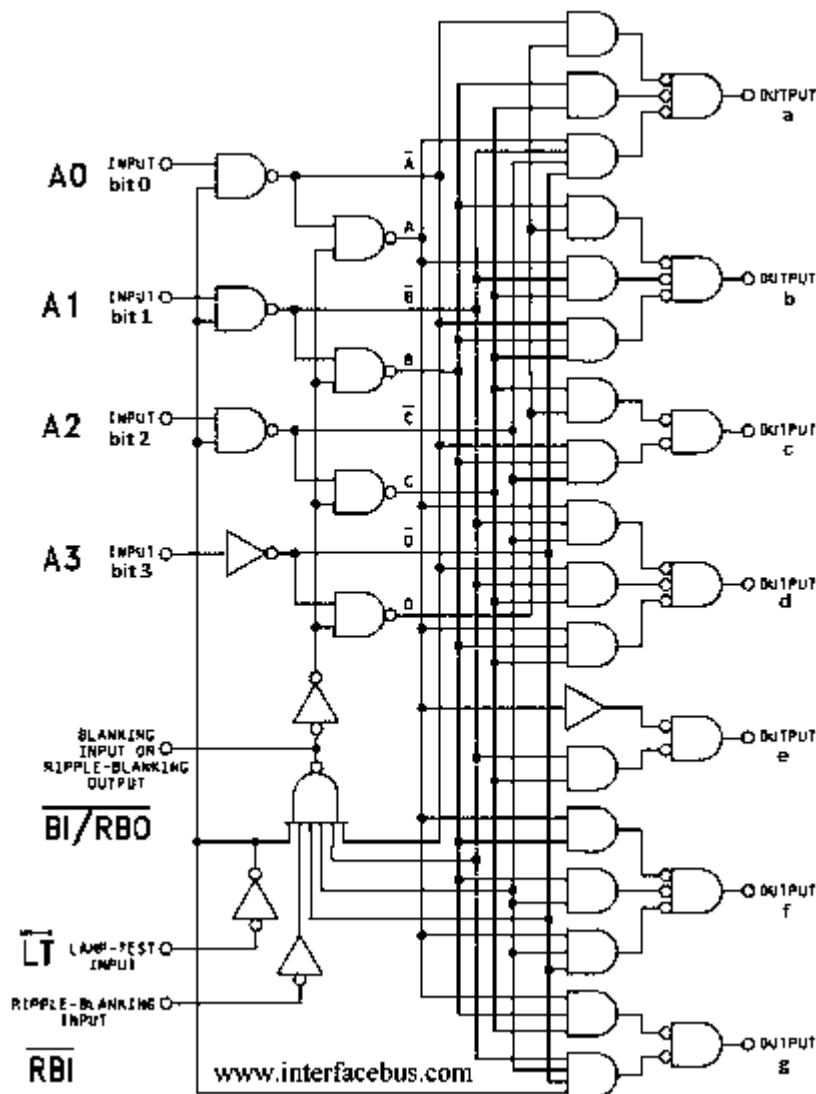
Gambar.5.5 Penampil 7 segmen *common cathode* dan *common anode*.

7 segmen disebut *common cathode* jika mempunyai satu kaki *ground* (GND) bersama. Sedangkan 7 segmen disebut *common anode* jika mempunyai satu kaki tegangan (Vcc) bersama.

Decoder BCD ini biasanya menggunakan IC 7447:



Gambar.5.5 Penampang IC 7447



Gambar.5.6 Rangkaian Gerbang Logika IC 7447

Tabel.5.3 Tabel kebenaran IC 7447 (*active LOW*)

| Desimal | LT | RBI | Input Biner | | | | RBO | Output | | | | | | | Tampilan 7 Segmen |
|---------|----|-----|-------------|----|----|----|-----|--------|---|---|---|---|---|---|----------------------|
| | | | A3 | A2 | A1 | A0 | | a | b | c | d | e | f | g | |
| 0 | H | H | L | L | L | L | H | L | L | L | L | L | L | H | 0 |
| 1 | H | X | L | L | L | H | H | H | L | L | H | H | H | H | 1 |
| 2 | H | X | L | L | H | L | H | L | L | H | L | L | H | L | 2 |
| 3 | H | X | L | L | H | H | H | L | L | L | L | H | H | L | 3 |
| 4 | H | X | L | H | L | L | H | H | L | L | H | H | L | L | 4 |
| 5 | H | X | L | H | L | H | H | L | H | L | L | H | L | L | 5 |
| 6 | H | X | L | H | H | L | H | H | H | L | L | L | L | L | 6 |
| 7 | H | X | L | H | H | H | H | L | L | L | H | H | H | H | 7 |
| 8 | H | X | H | L | L | L | H | L | L | L | L | L | L | L | 8 |
| 9 | H | X | H | L | L | H | H | L | L | L | H | H | L | L | 9 |
| 10 | H | X | H | L | H | L | H | H | H | H | L | L | H | L | a |
| 11 | H | X | H | L | H | H | H | H | H | L | L | H | H | L | b |
| 12 | H | X | H | H | L | L | H | H | L | H | H | H | L | L | c |
| 13 | H | X | H | H | L | H | H | L | H | H | L | H | L | L | d |
| 14 | H | X | H | H | H | L | H | H | H | H | L | L | L | L | e |
| 15 | H | X | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | |
| RBO | X | X | X | X | X | X | L | H | H | H | H | H | H | H | |
| RBI | H | L | L | L | L | L | L | H | H | H | H | H | H | H | |
| LT | L | X | X | X | X | X | H | L | L | L | L | L | L | L | 8 |

Keterangan:

L adalah *LOW*, atau logika 0

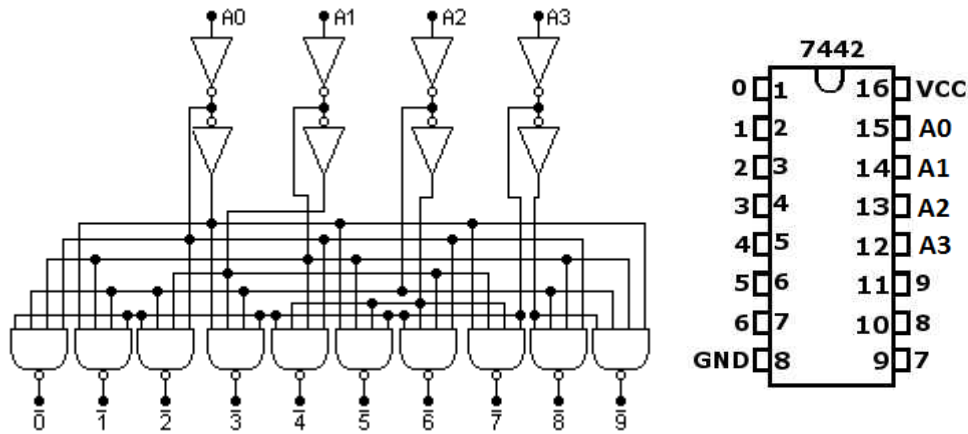
H adalah *HIGH*, atau logika 1

X adalah *don't care*, tidak peduli apakah berlogika 0 atau 1 (terserah)

Pada tabel kolom tampilan 7 segmen diatas dapat kita lihat bahwa biner LLLL sampai HLLH (0000 sampai 1001) adalah kode BCD, terbukti dari segmen yang menampilkan bilangan desimal 0 sampai 9.

3. BCD ke 10 *Line*

Urutan output yang direspon dari decoder ini aktif sesuai dengan nilai data BCD input. Decoder BCD ke 10 *line* biasanya menggunakan IC 7442.



Gambar.5.7 Rangkaian Gerbang Logika BCD ke 10 *line* dan IC 7442

Tabel.5.4 Tabel kebenaran IC 7442 (*active LOW*)

| Desimal | Input BCD | | | | Output 10 <i>line</i> | | | | | | | | | |
|---------|-----------|----|----|----|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A3 | A2 | A1 | A0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | L | L | L | L | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| 1 | L | L | L | H | H | L | H | H | H | H | H | H | H | H |
| 2 | L | L | H | L | H | H | L | H | H | H | H | H | H | H |
| 3 | L | L | H | H | H | H | H | L | H | H | H | H | H | H |
| 4 | L | H | L | L | H | H | H | H | L | H | H | H | H | H |
| 5 | L | H | L | H | H | H | H | H | H | L | H | H | H | H |
| 6 | L | H | H | L | H | H | H | H | H | H | L | H | H | H |
| 7 | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | L | H | H |
| 8 | H | L | L | L | H | H | H | H | H | H | H | H | L | H |
| 9 | H | L | L | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | L |

Mengingat Kembali

1. Apa yang dimaksud dengan decoder?
2. Bagaimanakah perbedaan decoder *active HIGH* dan *active LOW*?

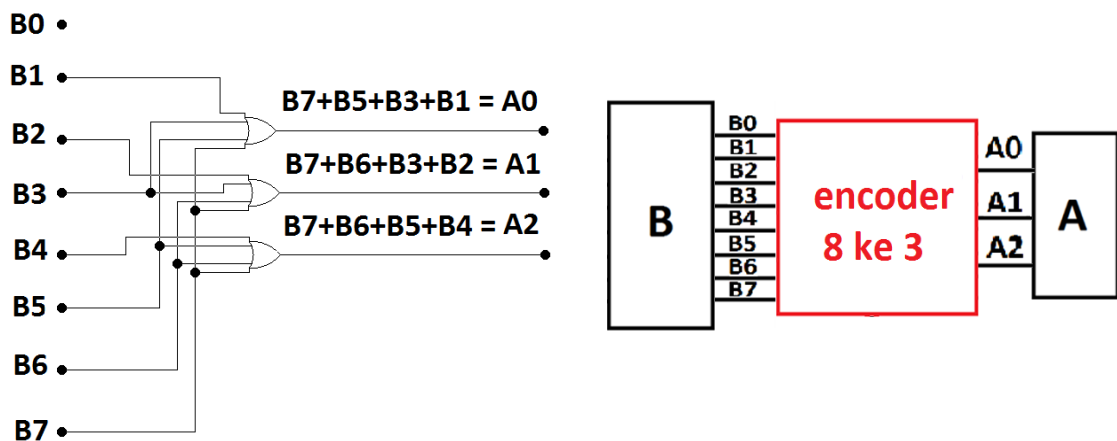
B. Encoder

Encoder adalah pengkode kebalikan dari decoder. Misalnya, encoder 2^n bit ke n bit, encoder 10 *line* ke BCD. Artinya, input encoder lebih banyak dari output-nya. Beberapa jenis encoder diantaranya dan encoder prioritas (*priority encoder*).

1. Encoder 2^n bit ke n bit

Encoder ini mempunyai input sebanyak 2^n bit dengan output n bit. Saat salah satu input encoder ini berlogika 1 (*active HIGH*), output encoder mengeluarkan nilai bilangan biner sesuai dengan nomor urutan input-nya.

Misal, encoder 8 bit ke 3 bit dengan input $B_7, B_6, B_5, B_4, B_3, B_2, B_1, B_0$ dan output A_2, A_1, A_0 .



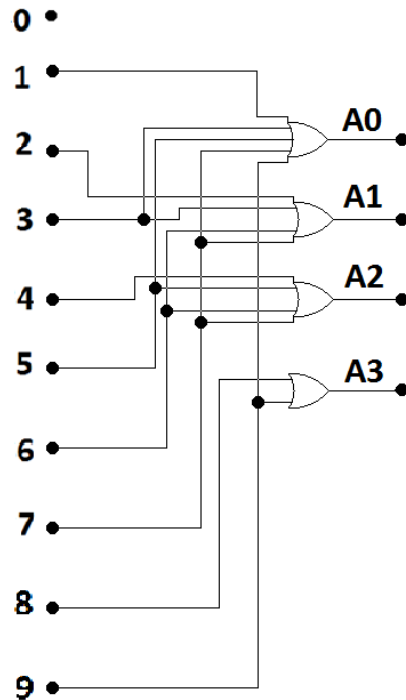
Gambar.5.8 Rangkaian encoder 8 bit ke 3 bit

Tabel.5.5 Tabel kebenaran decoder 8 bit ke 3 bit (*active HIGH*)

| Input | | | | | | | | Output | | |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|--------|----|----|
| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 | A2 | A1 | A0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

2. Encoder 10 *line* ke BCD

Encoder ini mempunyai 10 input output 4 bit BCD. Saat salah satu input encoder ini berlogika 1 (*active HIGH*), output encoder mengeluarkan nilai BCD sesuai dengan nomor urutan input-nya.



Gambar.5.9 Rangkaian encoder 10 *line* ke BCD

Tabel.5.6 Tabel kebenaran decoder 10 *line* ke BCD (*active HIGH*)

| Input 10 <i>line</i> | | | | | | | | | | Output BCD | | | |
|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------|----|----|----|
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | A3 | A2 | A1 | A0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

3. Encoder Prioritas

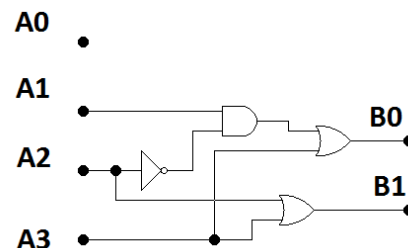
Sebuah encoder prioritas adalah sirkuit atau algoritma yang menyederhanakan beberapa input biner ke sejumlah kecil output. Output dari encoder prioritas adalah representasi biner dari nomor urut mulai dari nol dari bit input yang paling signifikan. Encoder ini sering digunakan untuk mengontrol permintaan interupsi yang bertindak pada permintaan dengan prioritas tertinggi. Yang dimaksud fungsi prioritas adalah jika 2 atau lebih input sama dengan 1 pada saat yang sama, input yang memiliki prioritas tertinggi akan diutamakan, dan yang lain diabaikan. Perangkat keras internal akan memeriksa kondisi ini dan prioritas diatur.

Encoder Prioritas 4 bit ke 2 bit

Misal, sebuah encoder prioritas 4 bit ke 2 bit dengan input A3, A2, A1, A0 dan output B1, B0;

Tabel.5.7 Tabel kebenaran encoder prioritas 4 bit ke 2 bit (*active HIGH*)

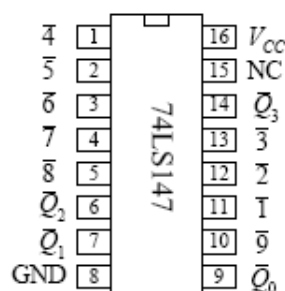
| Input | | | | Output | |
|-------|----|----|----|--------|----|
| A3 | A2 | A1 | A0 | B1 | B0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | x | x |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | x | 0 | 1 |
| 0 | 1 | x | x | 1 | 0 |
| 1 | x | x | x | 1 | 1 |



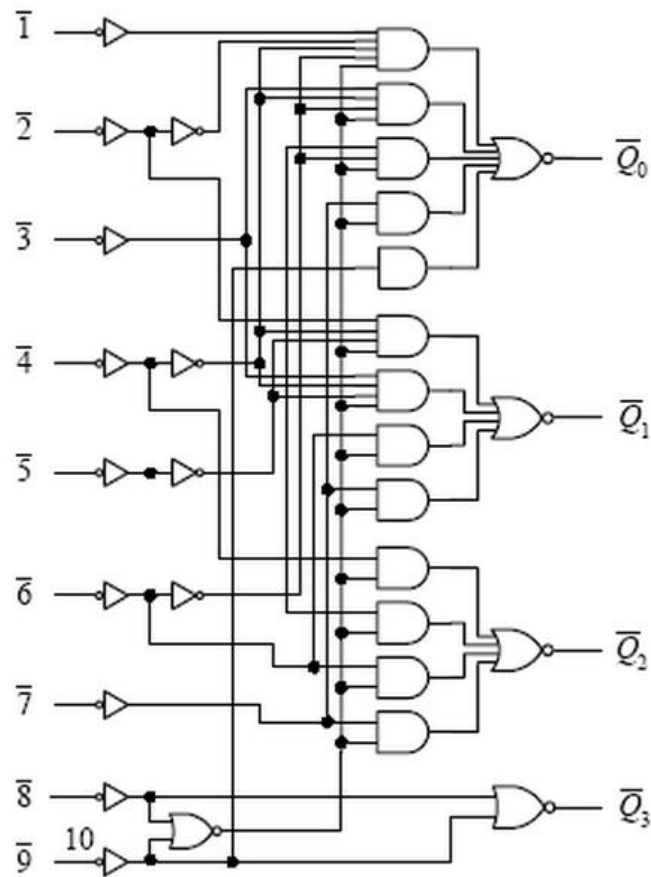
Gambar.5.10 Rangkaian Encoder Prioritas 4 bit ke 2 bit

Encoder Prioritas 10 bit ke 4 bit

IC 74LS147 adalah salah satu encoder prioritas 10 bit ke 4 bit *active LOW*.



Gambar.5.11 Konfigurasi pin IC 74LS147



Gambar.5.12 Rangkaian Gerbang IC 74LS147

Tabel.5.8 Tabel Kebenaran IC 74LS147 (*active LOW*)

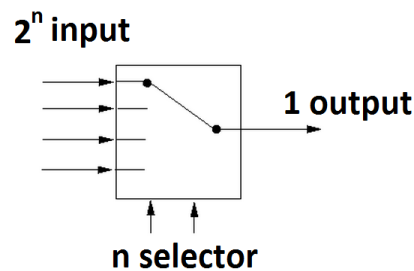
| Input | | | | | | | | | Output BCD | | | | BCD | | | | Nilai Desimal |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| $\bar{1}$ | $\bar{2}$ | $\bar{3}$ | $\bar{4}$ | $\bar{5}$ | $\bar{6}$ | $\bar{7}$ | $\bar{8}$ | $\bar{9}$ | \bar{Q}_0 | \bar{Q}_1 | \bar{Q}_2 | \bar{Q}_3 | Q_0 | Q_1 | Q_2 | Q_3 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| x | x | x | x | x | x | x | x | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 9 |
| x | x | x | x | x | x | x | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| x | x | x | x | x | x | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| x | x | x | x | x | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 6 |
| x | x | x | x | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 5 |
| x | x | x | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 |
| x | x | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| x | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |

Mengingat Kembali

1. Apa yang dimaksud dengan encoder?
2. Apakah perbedaan yang mendasar antara decoder dan encoder?

C. Multiplexer

Dalam elektronik, sebuah multiplexer atau mux adalah perangkat yang memilih salah satu dari beberapa sinyal input dan meneruskan input yang dipilih dalam satu baris. Sebuah multiplexer elektronik dapat dianggap sebagai multiple-input, saklar tunggal-output, saklar multi-posisi yang dikontrol secara digital. Dalam multiplexing frekuensi, beberapa perangkat berbagi saluran umum dengan transmisi pada frekuensi yang berbeda. Secara umum, multiplexer adalah sebuah pengkode "pemilih" (*selector*) dengan input banyak dan hanya mempunyai satu output.

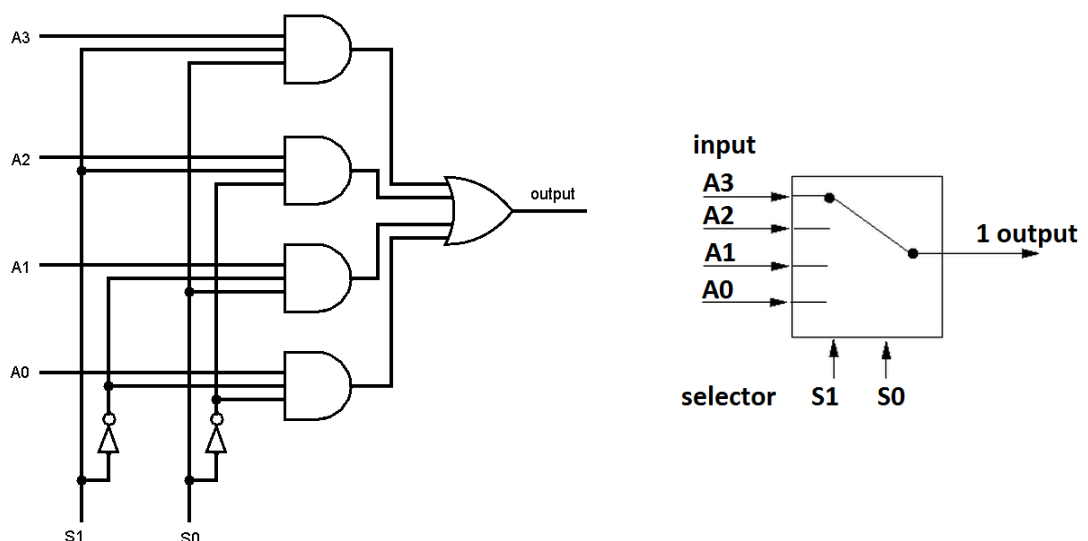


Gambar.5.13 Ilustrasi mux/ multiplexer

Sebuah mux dengan selector sebanyak n , mempunyai input sebanyak 2^n . Misal, jika mux dengan selector sebanyak 2 maka inputnya 4, jika selector-nya 3 maka inputnya 8, dan seterusnya.

1. Mux 4 input

Berikut ini adalah contoh rangkaian mux 4 input :



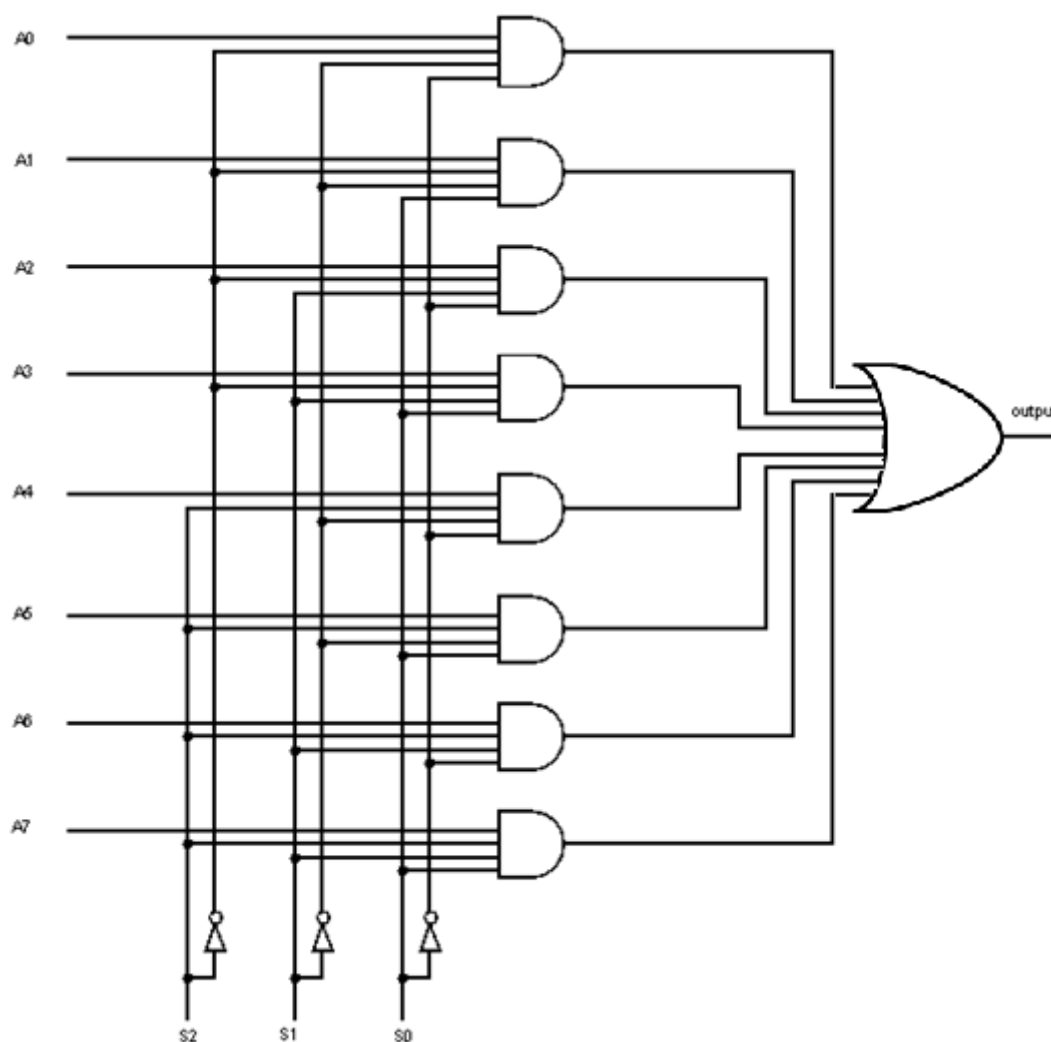
Gambar.5.14 Rangkaian Gerbang Mux 4 input

Tabel.5.9 Tabel Kebenaran Mux 4 input

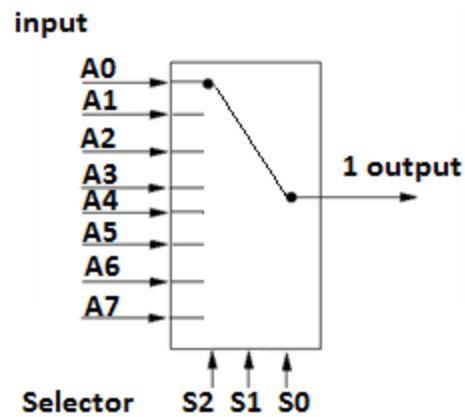
| Selector | | Output |
|----------|----|--------|
| S1 | S0 | |
| 0 | 0 | A0 |
| 0 | 1 | A1 |
| 1 | 0 | A2 |
| 1 | 1 | A3 |

2. Mux 8 input

Berikut ini adalah contoh rangkaian mux 8 input :



Gambar.5.15 Rangkaian Gerbang Mux 8 input



Gambar.5.16 Mux 8 input

Tabel.5.10 Tabel Kebenaran Mux 8 input

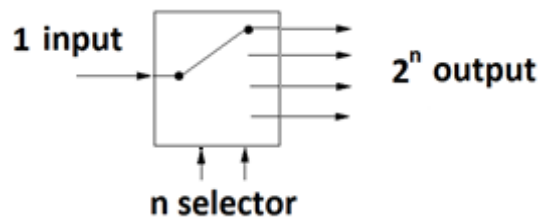
| Selector | | | Output |
|----------|----|----|--------|
| S2 | S1 | S0 | |
| 0 | 0 | 0 | A0 |
| 0 | 0 | 1 | A1 |
| 0 | 1 | 0 | A2 |
| 0 | 1 | 1 | A3 |
| 1 | 0 | 0 | A4 |
| 1 | 0 | 1 | A5 |
| 1 | 1 | 0 | A6 |
| 1 | 1 | 1 | A7 |

Mengingat Kembali

Apa yang dimaksud dengan multiplexer atau mux?

D. Demultiplexer

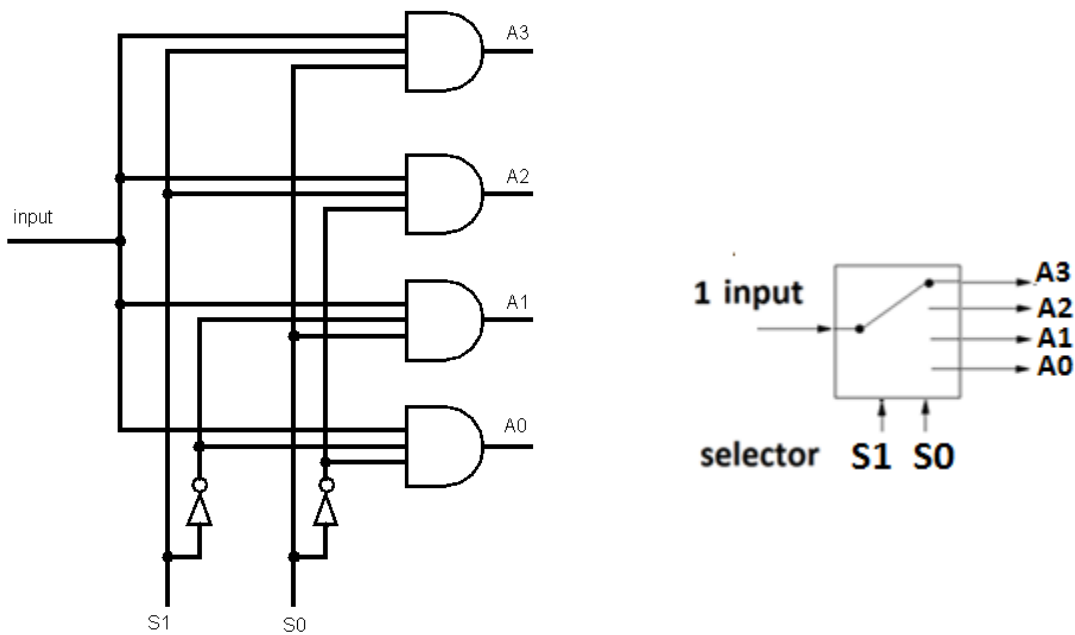
Sebuah demultiplexer (atau demux) adalah perangkat yang mengambil sinyal input tunggal dan memilih salah satu dari banyak data keluaran yang dihubungkan ke input tunggal. Sebuah multiplexer sering digunakan dengan demultiplexer pelengkap di ujung penerima. Sebuah demultiplexer adalah satu-masukan dengan banyak keluaran, *switch multiple-output*. Dengan kata lain, demux adalah kebalikan dari mux.



Gambar.5.17 Ilustrasi mux/ multiplexer

Sebuah demux dengan selector sebanyak n , mempunyai output sebanyak 2^n . Misal, jika demux dengan selector sebanyak 2 maka output-nya 4, jika selector-nya 3 maka output-nya 8, dan seterusnya.

1. Demux 4 output

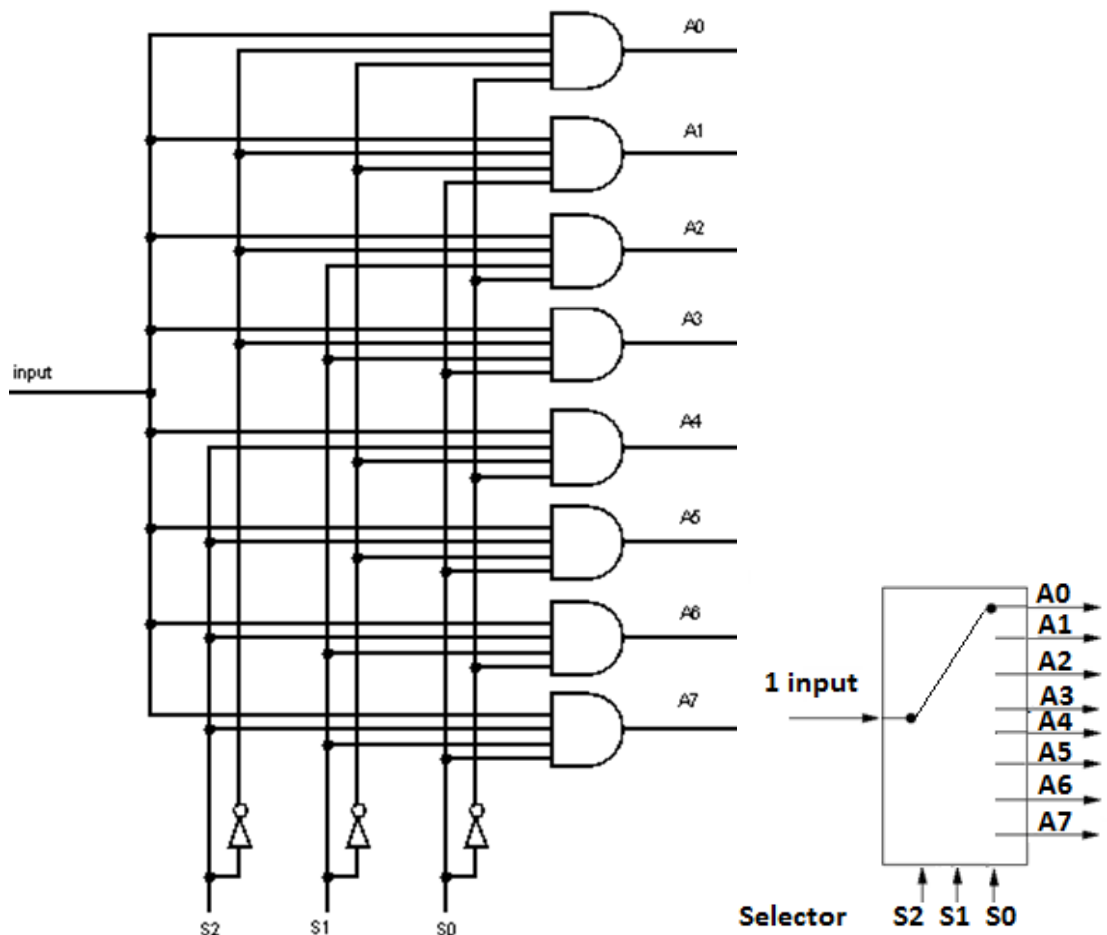


Gambar.5.18 Rangkaian Gerbang Demux 4 output

Tabel.5.11 Tabel Kebenaran Mux 4 input

| Selector | | Output | | | |
|----------|----|--------|----|----|----|
| S1 | S0 | A3 | A2 | A1 | A0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

2. Demux 8 output



Gambar.5.19 Rangkaian Gerbang Demux 8 output

Tabel.5.12 Tabel Kebenaran Mux 8 input

| Selector | | | Output | | | | | | | |
|----------|----|----|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| S2 | S1 | S0 | A7 | A6 | A5 | A4 | A3 | A2 | A1 | A0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Mengingat Kembali

Apa yang dimaksud dengan demultiplexer atau demux?

Rangkuman

Decoder adalah pengkode bit data input menjadi bit data output yang lebih banyak. Beberapa contoh decoder adalah decoder n bit ke 2^n bit, BCD ke 7 segmen dan BCD ke 10 *line*.

Encoder adalah pengkode bit data input menjadi bit data output yang lebih sedikit. Beberapa contoh encoder adalah encoder 2^n bit ke n bit, encoder 10 *line* ke BCD dan encoder prioritas (*priority encoder*).

Multiplexer atau mux adalah pengkode dengan selector yang mengkodekan 1 bit data input menjadi bit data output yang lebih banyak. Jika selector sebanyak n , maka output mux sebanyak 2^n .

Demultiplexer atau demux adalah pengkode dengan selector yang mengkodekan banyak bit data input menjadi 1 bit data output. Jika selector sebanyak n , maka input demux sebanyak 2^n .

Evaluasi

Jawablah soal-soal dibawah ini!

- 1) Apa yang Anda ketahui tentang decoder?
- 2) Gambarkan ilustrasi secara umum suatu decoder!
- 3) Apa yang Anda ketahui tentang encoder?
- 4) Gambarkan ilustrasi secara umum suatu encoder!
- 5) Apa yang Anda ketahui tentang multiplexer?
- 6) Gambarkan ilustrasi secara umum suatu multiplexer!
- 7) Apa yang Anda ketahui tentang demultiplexer?
- 8) Gambarkan ilustrasi secara umum suatu demultiplexer!

Counter



Materi :

- A. Counter Sinkron**
- B. Counter Asinkron**
- C. Merancang Counter**

Tujuan Pembelajaran :

- A. Dapat menjelaskan Counter Sinkron**
- B. Dapat menjelaskan Counter Asinkron**
- C. Dapat menjelaskan Up Counter**
- D. Dapat menjelaskan Down Counter**
- E. Dapat menjelaskan Modulus Counter**
- F. Dapat merancang Counter**

Motivasi

Kita ketahui bahwa setiap sistem digital tidak lepas dari penghitungan logika-logika, bilangan-bilangan, hingga menulis dan membaca data. Setiap data entah itu data yang disajikan nantinya berupa berkas gambar, musik, maupun video, atau aplikasi yang lain; pada dasarnya adalah hasil proses pengitungan.



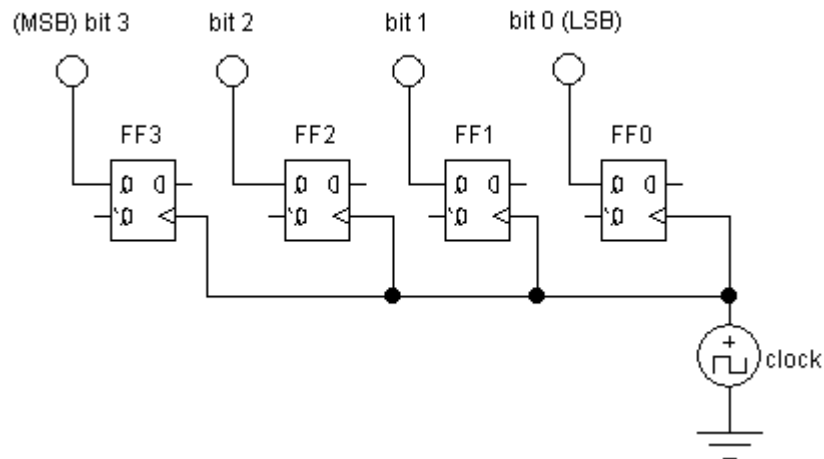
Gambar.6.1 Tampilan *Down Counter*

Jika kita melihat objek pada layar komputer warna “putih” sebenarnya itu adalah data ffffff (kode warna dengan bilangan heksadesimal), dan objek lainnya seperti *alphanumeric*, semuanya disimpan dalam bentuk kode-kode tertentu. Jika kita mendengar musik dari berkas .mp3 dengan memori tertentu dalam *megabytes*, ini artinya setiap bit dari berkas .mp3 ini menyimpan informasi level tegangan tertentu yang bisa diterima perangkat audio. Dengan kemampuan clock yang sangat cepat, sebuah komputer bisa menampilkan objek gambar dengan warna-warna pada monitor, bersamaan mengeluarkan suara lewat *sound system*. Pada bab ini kita akan mempelajari bagaimana merancang sistem penghitung (*counter*) sederhana dengan deretan flip-flop. Jika dilihat dari pemberian clock setiap bit hitungan, ada dua macam counter, yakni counter sinkron dan counter asinkron. Beberapa penerapannya antara lain; *up counter*, *down counter*, dengan *modulus* tertentu.

Semangat Belajar!

A. Counter Sinkron

Penghitung sinkron (*synchronous counter*), adalah counter yang masing-masing flip-flop dikendalikan oleh satu sinyal clock secara serempak. Sehingga, counter ini juga disebut parallel counter.

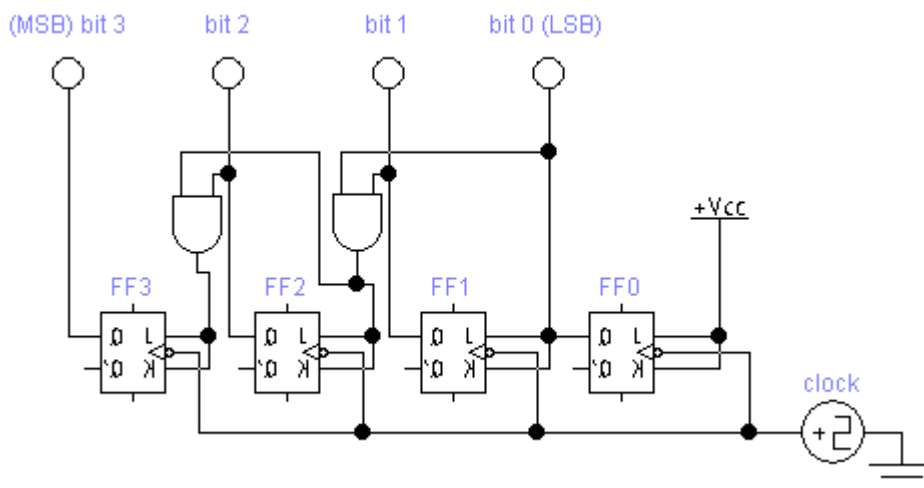


Gambar.6.2 Sambungan clock counter sinkron 4 bit D flip-flop

Respon counter sinkron serempak dengan datangnya pulsa clock, sehingga cocok untuk dioperasikan dalam kecepatan tinggi atau frekuensi tinggi. Untuk menunjang operasinya, counter sinkron masih memerlukan gerbang-gerbang logika tambahan.

1. Up Counter Sinkron

Rangkaian yang menghitung maju, penghitung bilangan mulai dari yang nilainya rendah ke nilai yang lebih tinggi. Misalnya, penghitung maju bilangan heksadesimal 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9, A,B,C,D,E,F.



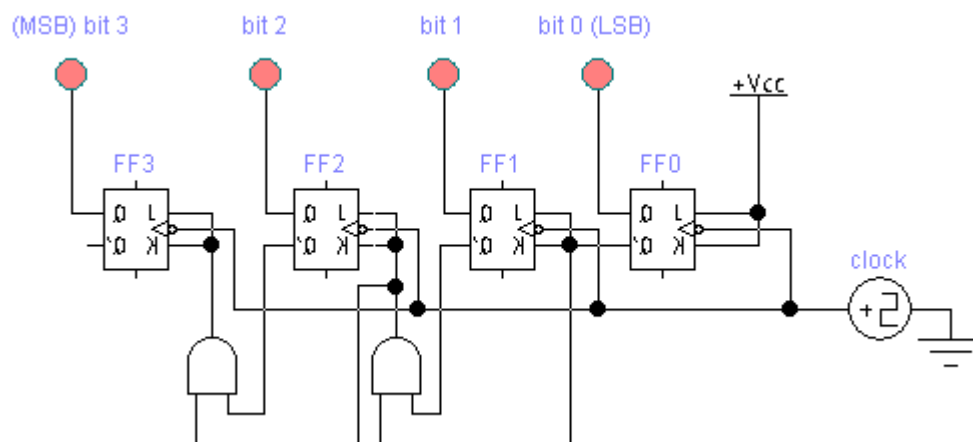
Gambar.6.3 Rangkaian Up Counter Sinkron 4 bit JK flip-flop 0000-1111

Tabel.6.1 Tabel operasi dari rangkaian Up Counter Sinkron di atas

| Clock ke | Output | | | | Nilai Bilangan | | |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|---------------|---------|
| | FF3 bit 3 | FF2 bit 2 | FF1 bit 1 | FF0 bit 0 | Biner | Heksa desimal | Desimal |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0000 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0001 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0010 | 2 | 2 |
| 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0011 | 3 | 3 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0100 | 4 | 4 |
| 6 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0101 | 5 | 5 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0110 | 6 | 6 |
| 8 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0111 | 7 | 7 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1000 | 8 | 8 |
| 10 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1001 | 9 | 9 |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1010 | A | 10 |
| 12 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1011 | B | 11 |
| 13 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1100 | C | 12 |
| 14 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1101 | D | 13 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1110 | E | 14 |
| 16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1111 | F | 15 |

2. Down Counter Sinkron

Rangkaian yang menghitung mundur, penghitung bilangan mulai dari yang nilainya tinggi ke nilai yang lebih rendah. Misalnya, penghitung mundur 9,8,7,6,5,4,3,2,1,0. Hampir sama dengan rangkaian up counter sinkron, bedanya yang menjadi pengumpan sinyal ke flip-flip berikutnya adalah Q' (bukan Q).



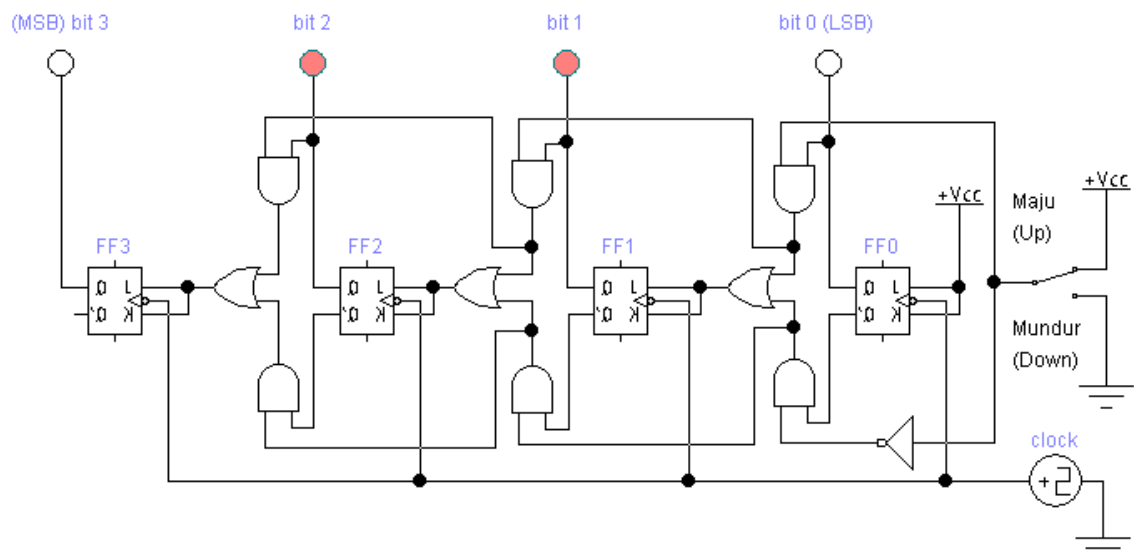
Gambar.6.4 Rangkaian Down Counter Sinkron 4 bit JK flip-flop 1111-0000

Tabel.6.2 Tabel operasi dari rangkaian Down Counter Sinkron di atas

| Clock ke | Output | | | | Nilai Bilangan | | |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|---------------|---------|
| | FF3 bit 3 | FF2 bit 2 | FF1 bit 1 | FF0 bit 0 | Biner | Heksa desimal | Desimal |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1111 | F | 15 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1110 | E | 14 |
| 3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1101 | D | 13 |
| 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1100 | C | 12 |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1011 | B | 11 |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1010 | A | 10 |
| 7 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1001 | 9 | 9 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1000 | 8 | 8 |
| 9 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0111 | 7 | 7 |
| 10 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0110 | 6 | 6 |
| 11 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0101 | 5 | 5 |
| 12 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0100 | 4 | 4 |
| 13 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0011 | 3 | 3 |
| 14 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0010 | 2 | 2 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0001 | 1 | 1 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0000 | 0 | 0 |

3. Up/Down Sinkron

Rangkaian yang menghitung maju/mundur sinkron, dengan mengombinasikan kedua rangkaian.



Gambar.6.5 Rangkaian Down Counter Sinkron 4 bit JK flip-flop

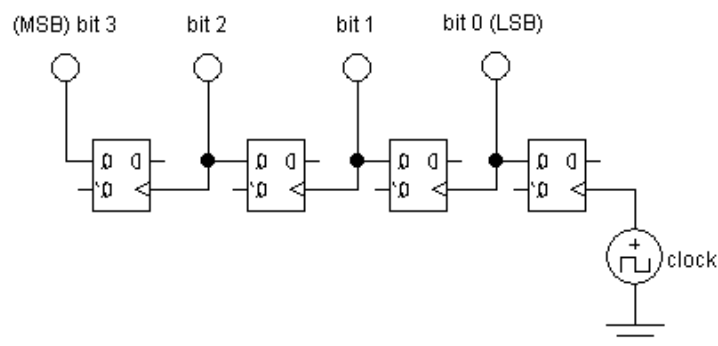
Cara kerjanya, jika saklar diberi logika 1 (saklar on) maka yang berlaku adalah penghitung maju, jika off maka yang berlaku penghitung mundur.

Mengingat Kembali

1. Bagaimanakah sambungan clock rangkaian counter sinkron?
2. Apa nama lain dari counter sinkron?

B. Counter Asinkron

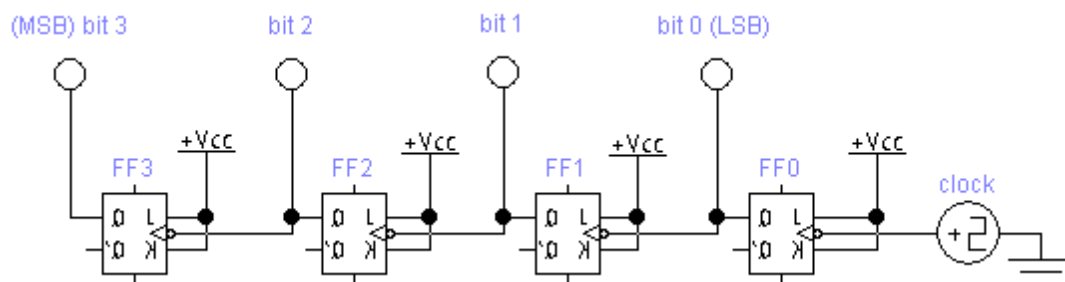
Penghitung tak sinkron/ asinkron (*asynchronous counter*) adalah counter yang hanya flip-flop bit terkecil (LSB) yang dikendalikan sinyal clock, sedangkan sinyal lainnya diambil dari output flip-flop sebelumnya. Sehingga, counter ini juga disebut serial counter.



Gambar.6.6 Contoh rangkaian counter asinkron 4 bit menggunakan D flip-flop

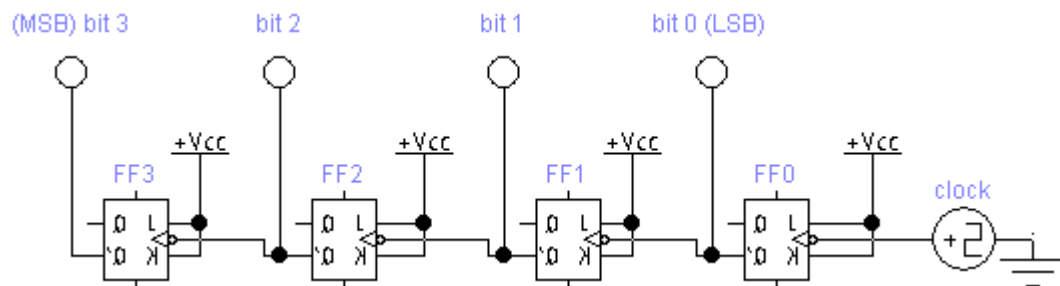
1. Up Counter Asinkron

Sebuah deret flip-flop jika output Q yang dianggap sebagai output dan Q diumpankan ke clock flip-flop berikutnya, maka rangkaian up counter asinkron.



Gambar.6.7 Rangkaian up counter asinkron 0000-1111
Q sebagai output dan umpan

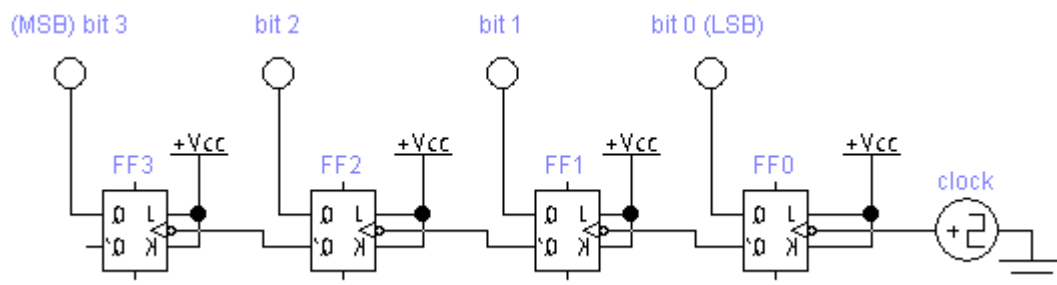
Rangkaian up counter asinkron juga bisa dibuat dengan menganggap Q' sebagai output dan Q' diumpankan ke clock flip-flop berikutnya.



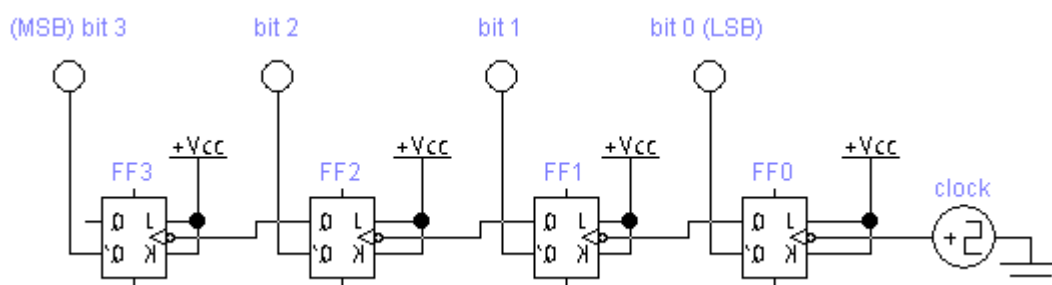
Gambar.6.8 Rangkaian up counter asinkron 0000-1111
Q' sebagai output dan umpan

2. Down Counter Asinkron

Rangkaian down counter asinkron hampir sama dengan rangkaian up counter asinkron, bedanya jika Q sebagai output maka Q' sebagai umpan flip-flop berikutnya. Atau sebaliknya jika Q' sebagai output, maka Q sebagai umpan.



Gambar.6.9 Rangkaian down counter asinkron 1111-0000
Q output dan Q' umpan



Gambar.6.10 Rangkaian down counter asinkron 1111-0000
Q' output dan Q umpan

Karena sifatnya serial, output down counter asinkron tidak bisa menyajikan data secara utuh pada clock-clock awal. Jadi, harus menunggu sampai distribusi data dari bit terendah (LSB) sampai ke bit yang tertinggi (MSB) selesai dilakukan, barulah data down counter bisa disajikan secara utuh.

Tabel.6.3 Tabel operasi dari rangkaian Down Counter Asinkron di atas

| Clock ke | Output | | | | Nilai Bilangan | | | Keterangan |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|------------------|---------|-------------------------------|
| | FF3 bit 3 | FF2 bit 2 | FF1 bit 1 | FF0 bit 0 | Biner | Heksa desimal | Desimal | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0001 | 1 | 1 | Distribusi/ Memuat data |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0000 | 0 | 0 | |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0011 | 3 | 3 | |
| 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0010 | 2 | 2 | |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0001 | 1 | 1 | |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0000 | 0 | 0 | |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0111 | 7 | 7 | |
| 8 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0110 | 6 | 6 | |
| 9 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0101 | 5 | 5 | |
| 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0100 | 4 | 4 | |
| 11 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0011 | 3 | 3 | |
| 12 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0010 | 2 | 2 | |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0001 | 1 | 1 | |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0000 | 0 | 0 | |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1111 | F | 15 | Data utuh |
| 16 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1110 | E | 14 | Menghitung mundur |
| 17 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1101 | D | 13 | |
| 18 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1100 | C | 12 | |
| 19 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1011 | B | 11 | |
| 20 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1010 | A | 10 | |
| 21 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1001 | 9 | 9 | |
| 22 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1000 | 8 | 8 | |
| 23 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0111 | 7 | 7 | |
| 24 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0110 | 6 | 6 | |
| 25 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0101 | 5 | 5 | |
| 26 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0100 | 4 | 4 | |
| 27 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0011 | 3 | 3 | |
| 28 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0010 | 2 | 2 | |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0001 | 1 | 1 | |
| 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0000 | 0 | 0 | |

3. Up/Down Asinkron

Karena pengaruh umpan yang diberikan apakah dari output Q atau Q', rangkaian up/down counter asinkron ada dua macam :

- Output Q sebagai output up counter dan Q' sebagai output down counter
- Output Q' sebagai output up counter dan Q sebagai output down counter

C. Merancang Counter

Dalam perancangan counter dengan modulo tertentu, kita harus mengetahui output yang bagaimana yang kita kehendaki. Modulo adalah banyaknya hitungan pada suatu counter. Misal, sebuah counter dengan tujuan mengitung angka 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 kemudian kembali ke 0 lagi, adalah counter dengan modulo 10. Kemudian, jumlah modulo ini menentukan berapa banyak flip-flop yang akan digunakan. Untuk itu kita perlu memahami tabel eksitasi setiap flip-flop, karena setiap flip-flop memiliki karakteristik yang berbeda. Langkah selanjutnya kita membuat tabel transisi dari output yang akan dimunculkan berikutnya.

Tabel.6.4 Tabel Eksitasi Flip-Flop

| Perubahan Output | | Logika input sesuai dengan karakter ff | | | | | |
|------------------|-----------|--|---|-------|---|------|------|
| | | SR ff | | JK ff | | D ff | T ff |
| Q_t | Q_{t+1} | S | R | J | K | D | T |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | X | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | X | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | X | 0 | X | 0 | 1 | 0 |

Hal yang harus diperhatikan dalam merancang counter

1. Jenis pencacah (misalnya: sinkron atau asinkron)
2. Banyak modulo yang ditentukan
3. Jenis flip-flop yang akan digunakan (JK FF, SR FF, D FF, atau T FF)
4. Kode bilangan yang dipakai (misalnya: biner, BCD, gray, atau XS3)

Ada 7 langkah yang harus ditempuh untuk merancang suatu counter:

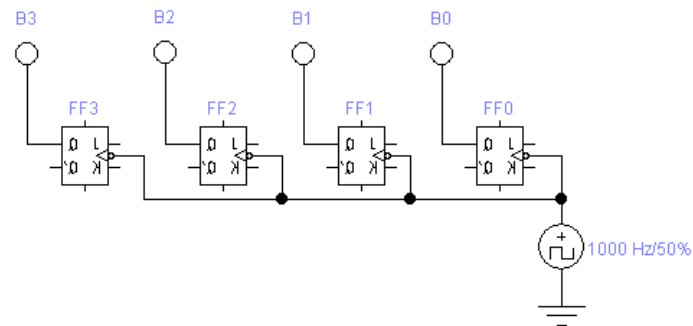
1. Mengidentifikasi kebutuhan (4 hal di atas)
2. Menentukan jumlah flip-flop yang digunakan dengan rumus $(2^{n-1} < \text{modulo} \leq 2^n)$, atau dengan melihat jumlah bit pada bilangan terakhir
3. Membuat layout sederhana dari jumlah flip-flop yang telah ditentukan
4. Membuat tabel transisi
5. Mencari formula masukan setiap flip-flop
6. Implementasi formula
7. Implementasi dengan IC

Kita bisa mensimulasikan rancangan dengan software Electronic WorkBench (EWB) versi 5.12. kemudian kita amati gelombang kotak/ pulsa dengan *Logic Analyzer*. Misal, kita akan merancang sebuah counter sinkron modulo 10 dan sebuah counter asinkron modulo 14 menggunakan JK flip-flop.

1. Modulo 10 Sinkron

Pencacah Sinkron modulo 10, kode bilangan biner tersusun dari JK flip flop

- Jumlah FF
 $2^{4-1} < 10 \leq 2^4, n = 4$
- Layout



Gambar.6.13 Layout masukan clock JK flip-flop

Tabel.6.5 Tabel Transisi JK flip-flop Counter Sinkron Modulo 10

| Des | Out Awal | | | | Out Berikut | | | | FF3 | | FF2 | | FF1 | | FF0 | |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | B ₃ | B ₂ | B ₁ | B ₀ | B ₃ | B ₂ | B ₁ | B ₀ | J ₃ | K ₃ | J ₂ | K ₂ | J ₁ | K ₁ | J ₀ | K ₀ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | x | 0 | x | 0 | x | 1 | x |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | x | 0 | x | 1 | x | x | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | x | 0 | x | x | 0 | 1 | x |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | x | 1 | x | x | 1 | x | 1 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | x | x | 0 | 0 | x | 1 | x |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | x | x | 0 | 1 | x | x | 1 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | x | x | 0 | x | 0 | 1 | x |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | x | x | 1 | x | 1 | x | 1 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | x | 0 | 0 | x | 0 | x | 1 | x |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | x | 1 | 0 | x | 0 | x | x | 1 |

- Penyederhanaan fungsi dengan Peta Karnough

$$J_0 = 1$$

| $B_1 \ B_0$ | | | | |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 1 | x | x | 1 |
| 01 | 1 | x | x | 1 |
| 11 | d | d | d | d |
| 10 | 1 | x | d | d |

$$K_0 = 1$$

| $B_1 \ B_0$ | | | | |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | x | 1 | 1 | x |
| 01 | x | 1 | 1 | x |
| 11 | d | d | d | d |
| 10 | x | 1 | d | d |

$$J_1 = \overline{B_3} \cdot B_0$$

| $B_1 \ B_0$ | | | | |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 0 | 1 | x | x |
| 01 | 0 | 1 | x | x |
| 11 | d | d | d | d |
| 10 | 0 | 0 | d | d |

$$K_1 = B_0$$

| $B_1 \ B_0$ | | | | |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | x | x | 1 | 0 |
| 01 | x | x | 1 | 0 |
| 11 | d | d | d | d |
| 10 | x | x | d | d |

$$J_2 = B_1 \cdot B_0$$

| $B_1 \ B_0$ | | | | |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 01 | x | x | x | x |
| 11 | d | d | d | d |
| 10 | 0 | 0 | d | d |

$$K_2 = B_1 \cdot B_0 = J_2$$

| $B_1 \ B_0$ | | | | |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | x | x | x | x |
| 01 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 11 | d | d | d | d |
| 10 | x | x | d | d |

$$J_3 = B_2 \cdot B_1 \cdot B_0 = B_2 \cdot J_2$$

| $B_1 \ B_0$ | | | | |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 11 | d | d | d | d |
| 10 | x | x | d | d |

$$K_3 = B_0$$

| $B_1 \ B_0$ | | | | |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | x | x | x | x |
| 01 | x | x | x | x |
| 11 | d | d | d | d |
| 10 | 0 | 1 | d | d |

- Formula masukan flip-flop

| | | |
|-----|----------------------------------|-------------|
| FF0 | $J_0 = 1$ | $K_0 = 1$ |
| FF1 | $J_1 = \overline{B_3} \cdot B_0$ | $K_1 = B_0$ |
| FF2 | $J_2 = B_1 \cdot B_0$ | $K_2 = J_2$ |
| FF3 | $J_3 = B_2 \cdot J_2$ | $K_3 = B_0$ |

Keterangan :

B_0 adalah output Q pada FF0

$\overline{B_0}$ adalah output Q' pada FF0

B_1 adalah output Q pada FF1

$\overline{B_1}$ adalah output Q' pada FF1

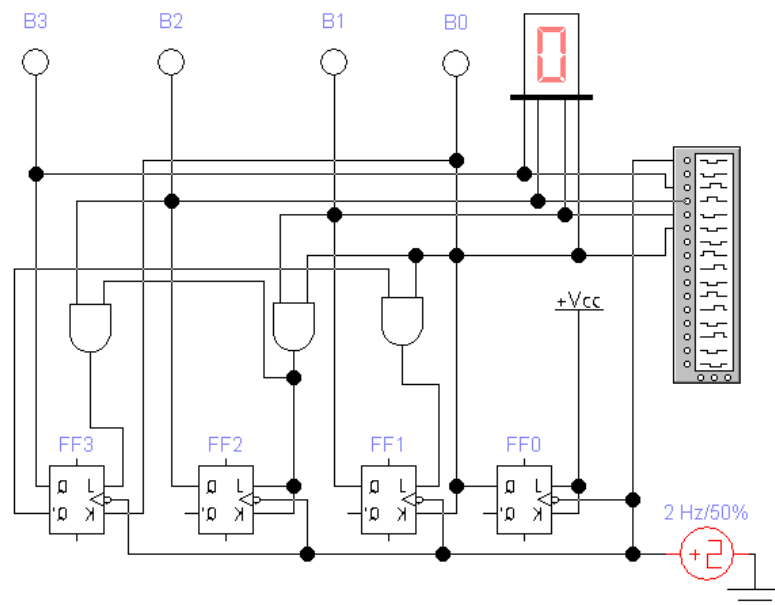
B_2 adalah output Q pada FF2

$\overline{B_2}$ adalah output Q' pada FF2

B_3 adalah output Q pada FF3

$\overline{B_3}$ adalah output Q' pada FF3

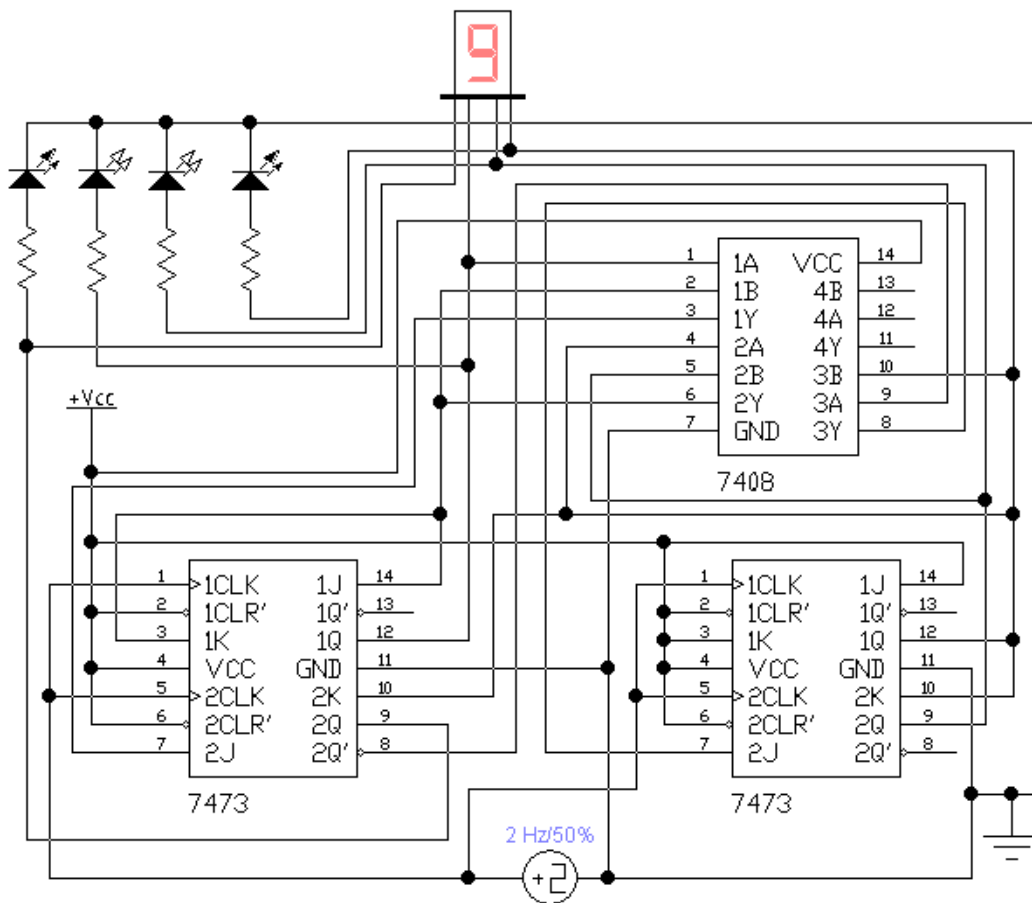
- Implementasi formula



Gambar.6.14 Implementasi formula dengan JK flip-flop dan gerbang AND

Pada FF0, $J_0 = 1$ dan $K_0 = 1$ maka langsung saja disambung dengan Vcc +5volt

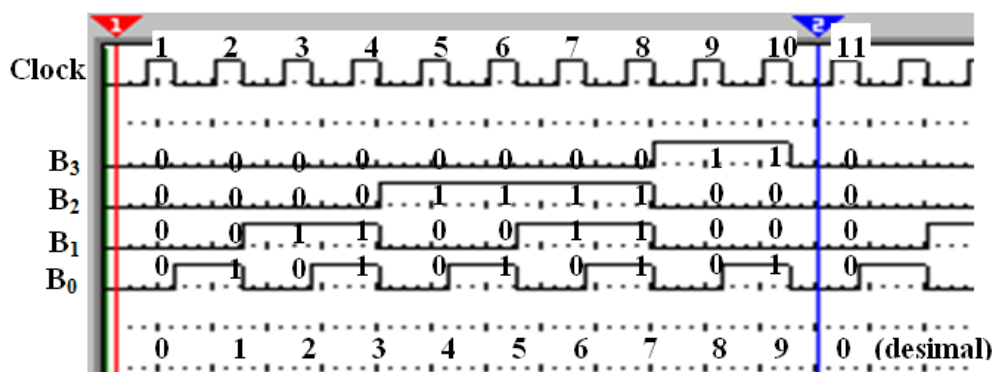
- Implementasi dengan IC simulasi



Gambar.6.15 Implementasi dengan IC dan LED sebagai indikator output B₃,B₂,B₁,B₀

- IC yang digunakan:
IC 7473 (Dual JK FF (clr)) sebanyak 2 buah
IC 7408 (Quad 2-In AND) sebanyak 1 buah

- Pengamatan dengan *Logic Analyzer*



Gambar.6.16 Pulsa clock terhadap output B₃,B₂,B₁,B₀

Dari pengamatan *Logic Analyzer*, didapat bahwa:

- Pada saat clock 1, kode bilangan biner menunjukkan 0000
- Pada saat clock 2, kode bilangan biner menunjukkan 0001
- Pada saat clock 3, kode bilangan biner menunjukkan 0010
- Pada saat clock 4, kode bilangan biner menunjukkan 0011
- Pada saat clock 5, kode bilangan biner menunjukkan 0100
- Pada saat clock 6, kode bilangan biner menunjukkan 0101
- Pada saat clock 7, kode bilangan biner menunjukkan 0110
- Pada saat clock 8, kode bilangan biner menunjukkan 0111
- Pada saat clock 9, kode bilangan biner menunjukkan 1000
- Pada saat clock 10, kode bilangan biner menunjukkan 1001
- Pada saat clock 11, kode bilangan biner menunjukkan 0000

(kembali pada penghitungan awal, begitu seterusnya)

2. Modulo 14 Asinkron

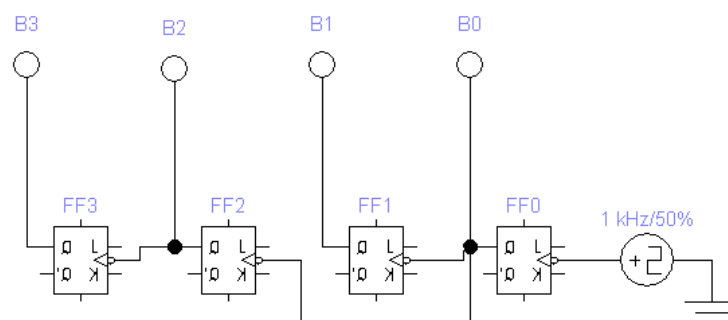
Pencacah Asinkron modulo 14, kode bilangan biner tersusun dari SR flip-flop yang representasikan dengan JK flip-flop.

- Jumlah FF

$$2^{4-1} < 14 \leq 2^4, n = 4$$

- Layout

Bilangan terakhir: $13_{10} \rightarrow 1101_2$



Gambar.6.17 Layout masukan clock pada flip-flop

○ Tabel transisi

Tabel.6.6 Tabel Transisi SR flip-flop Counter Asinkron Modulo 14

| Heksa desimal | Output Awal | | | | Output Berikut | | | | FF3 | | FF2 | | FF1 | | FF0 | |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | B ₃ | B ₂ | B ₁ | B ₀ | B ₃ | B ₂ | B ₁ | B ₀ | S ₃ | R ₃ | S ₂ | R ₂ | S ₁ | R ₁ | S ₀ | R ₀ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | x | x | x | x | x | x | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | x | x | 0 | x | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | x | x | x | x | x | x | 1 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | x | x | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | x | x | x | x | x | x | 1 | 0 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | x | x | x | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | x | x | x | x | x | x | 1 | 0 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | x | x | x | x | x | x | 1 | 0 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | x | x | 0 | x | 1 | 0 | 0 | 1 |
| A | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | x | x | x | x | x | x | 1 | 0 |
| B | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | x | x | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| C | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | x | x | x | x | x | x | 1 | 0 |
| D | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | x | 0 | 1 |

Keterangan:

| | |
|---|---|
| 0 | 1 |
|---|---|

 : clock efektif (terjadi saat out awal 1, out berikutnya 0)

| | |
|---|---|
| x | x |
|---|---|

 : tidak dipedulikan (terjadi saat output awal dan akhir keduanya berlogik 0, atau keduanya berlogik 1, dan tidak pada clock efektif)

- Penyederhanaan fungsi menggunakan Peta Karnough

$$S_0 = \overline{B_0}$$

| $B_1 \ B_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | 1 | 0 | 0 |
| 01 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 11 | 1 | 0 | d | d |
| 10 | 1 | 0 | 0 | 1 |

$$S_1 = \overline{B_3} \cdot \overline{B_1} + \overline{B_2} \cdot \overline{B_1}$$

| $B_1 \ B_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | x | 1 | 0 |
| 01 | x | 1 | 0 | x |
| 11 | x | 0 | d | d |
| 10 | x | 1 | 0 | x |

$$S_2 = \overline{B_2} \cdot B_1$$

| $B_1 \ B_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | x | 0 | 1 |
| 01 | x | x | 0 | x |
| 11 | x | 0 | d | d |
| 10 | x | 0 | 1 | x |

$$S_3 = \overline{B_3}$$

| $B_1 \ B_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | x | x | x |
| 01 | x | x | 1 | x |
| 11 | x | 0 | d | d |
| 10 | x | x | x | x |

$$R_0 = B_0$$

| $B_1 \ B_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | 0 | 1 | 1 |
| 01 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 11 | 0 | 1 | d | d |
| 10 | 0 | 1 | 1 | 0 |

$$R_1 = B_1$$

| $B_1 \ B_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | x | 0 | 1 |
| 01 | x | 0 | 1 | x |
| 11 | x | x | d | d |
| 10 | x | 0 | 1 | x |

$$R_2 = B_3 \cdot \overline{B_1} + B_2 \cdot B_1$$

| $B_1 \ B_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | x | x | 0 |
| 01 | x | 0 | 1 | x |
| 11 | x | 1 | d | d |
| 10 | x | x | 0 | x |

$$R_3 = B_3$$

| $B_1 \ B_0$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------------|----|----|----|----|
| $B_3 \ B_2$ | 00 | x | x | x |
| 01 | x | x | 0 | x |
| 11 | x | 1 | d | d |
| 10 | x | x | x | x |

- Formula masukan FF

$$S_0 = \overline{B_0}$$

$$R_0 = B_0$$

$$S_1 = \overline{B_3} \cdot \overline{B_1} + \overline{B_2} \cdot \overline{B_1}$$

$$R_1 = B_1$$

$$S_2 = \overline{B_2} \cdot B_1$$

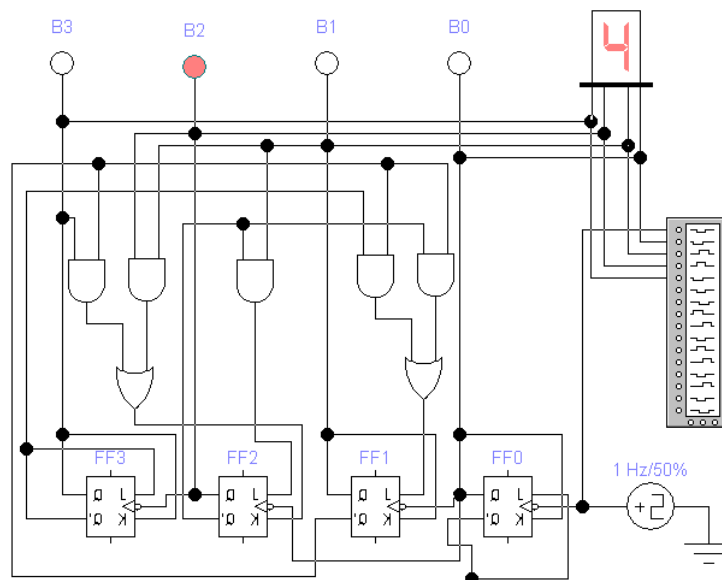
$$R_2 = B_3 \cdot \overline{B_1} + B_2 \cdot B_1$$

$$S_3 = \overline{B_3}$$

$$R_3 = B_3$$

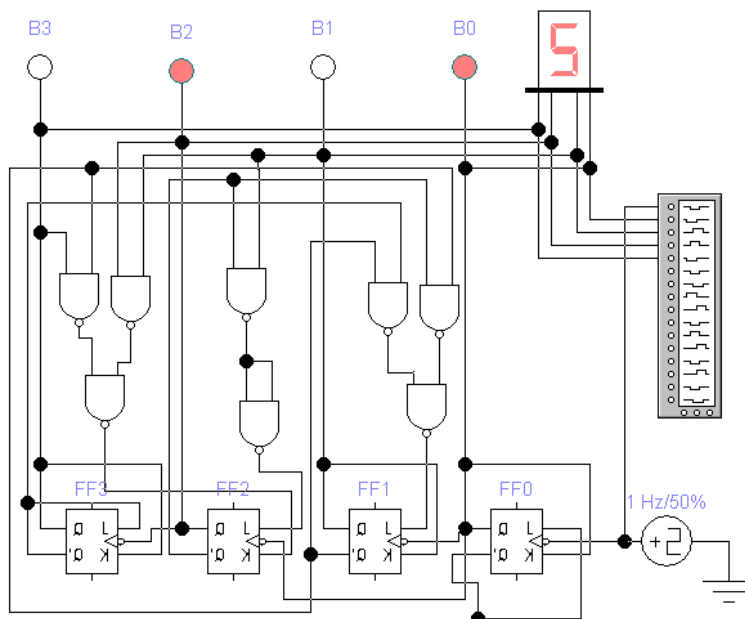
Saat implementasi menggunakan JK flip-flop sebagai ganti SR flip-flop, maka J sebagai S, dan K sebagai R.

- Implementasi formula:



Gambar.6.18 Implementasi formula dengan JK flip-flop, gerbang AND dan OR

Karena $\overline{A} \cdot \overline{B} \equiv \overline{A \cdot B}$ (NAND gerbang universal) tanpa mengubah fungsi rancangan awal, maka rangkaian diatas bisa dirubah menjadi:



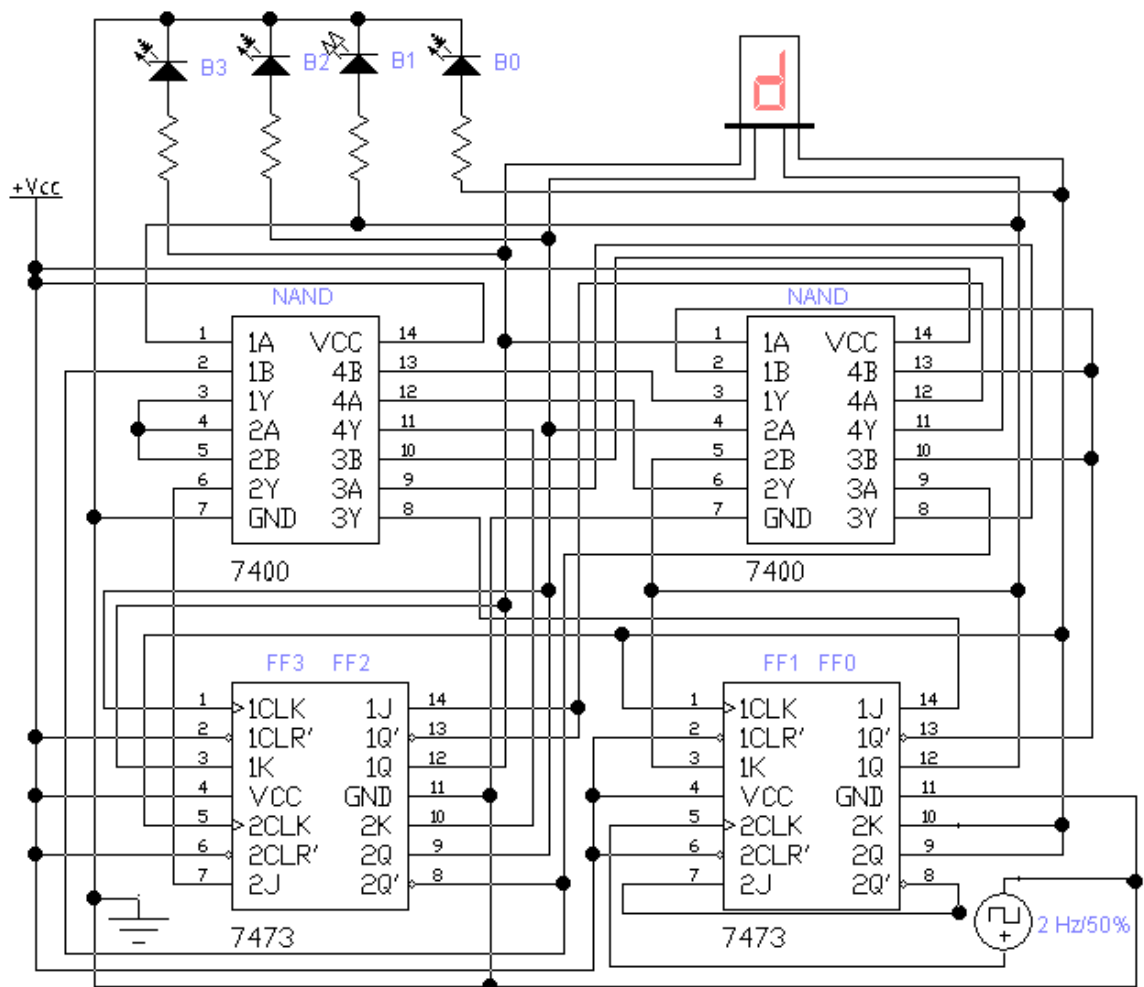
Gambar.6.19 Implementasi formula dengan JK flip-flop dan gerbang universal

Saat rangkaian diatas disimulasikan, ternyata angka yang muncul tidak sesuai harapan, yakni setelah penghitungan 0 sampai 5, angka yang muncul adalah angka 4 lalu angka 5 kemudian kembali lagi ke angka 4 begitu seterusnya. Hal ini terjadi bukan disebabkan oleh keliru rangkaiannya, namun karena error. Kondisi FF3 tidak pada kondisi flip-flop (dua keadaan yang berlawanan), melainkan dalam kondisi yang sama (flip-flip atau flop-flop). Untuk mengatasi keadaan semacam itu, ada dua cara:

- 1) Menghubungkan Vcc pada Q' FF3 untuk sementara waktu. Setelah angka 6 terlewati, hubungan Vcc dilepas.
- 2) Menghubungkan Q' FF3 dengan gerbang NOT menuju Q FF3



o Implementasi dengan IC simulasi

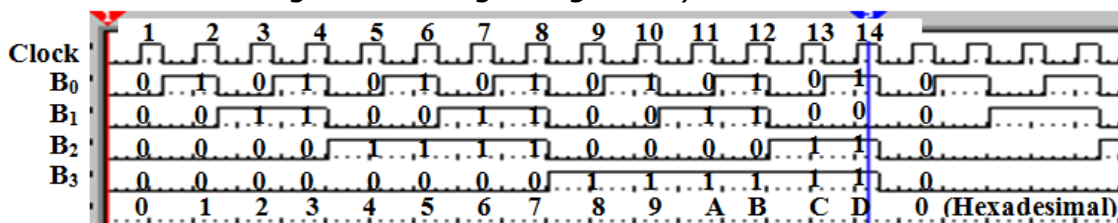


Gambar.6.20 Implementasi dengan IC dan LED indikator output B₃,B₂,B₁,B₀

- IC yang digunakan:
IC 7473 (Dual JK FF (clr)) sebanyak 2 buah
IC 7400 (Quad 2-In NAND) sebanyak 2 buah

Pada saat implementasi menggunakan IC, rangkaian tidak perlu mendapat penambahan rangkaian seperti saat implementasi formula dengan menggunakan gerbang logika. Karena tidak terjadi error.

o Pengamatan dengan *Logic Analyzer*



Gambar.6.21 Pulsa clock terhadap output B₃,B₂,B₁,B₀

Dari pengamatan *Logic Analyzer*, didapat bahwa:

- Pada saat clock 1, kode bilangan biner menunjukkan 0000
- Pada saat clock 2, kode bilangan biner menunjukkan 0001
- Pada saat clock 3, kode bilangan biner menunjukkan 0010
- Pada saat clock 4, kode bilangan biner menunjukkan 0011
- Pada saat clock 5, kode bilangan biner menunjukkan 0100
- Pada saat clock 6, kode bilangan biner menunjukkan 0101
- Pada saat clock 7, kode bilangan biner menunjukkan 0110
- Pada saat clock 8, kode bilangan biner menunjukkan 0111
- Pada saat clock 9, kode bilangan biner menunjukkan 1000
- Pada saat clock 10, kode bilangan biner menunjukkan 1001
- Pada saat clock 11, kode bilangan biner menunjukkan 1010
- Pada saat clock 12, kode bilangan biner menunjukkan 1011
- Pada saat clock 13, kode bilangan biner menunjukkan 1100
- Pada saat clock 14, kode bilangan biner menunjukkan 1101
- Pada saat clock 15, kode bilangan biner menunjukkan 0000

(kembali pada penghitungan awal, begitu seterusnya)

Mengingat Kembali

Bagaimana menentukan jumlah flip-flop yang dibutuhkan untuk merancang counter dengan modulo tertentu?

Rangkuman

Jika dilihat dari cara pemberian sinyal clock, ada dua jenis counter:

1. *Synchronous counter*, atau counter sinkron adalah counter dengan clock tunggal yang digunakan bersama oleh semua flip-flop.
2. *Asynchronous counter*, atau counter asinkron adalah counter dengan clock sumber hanya pada flip-flop bit terkecil, bit flip-flop yang lebih besar mendapatkan sinyal clock dari output bit flip-flop yang lebih kecil.

Up counter adalah counter yang menghitung bilangan dari bilangan terkecil sampai bilangan terbesar.

Down counter adalah counter yang menghitung bilangan dari bilangan terbesar sampai bilangan terkecil.

Hal yang harus diperhatikan dalam merancang counter

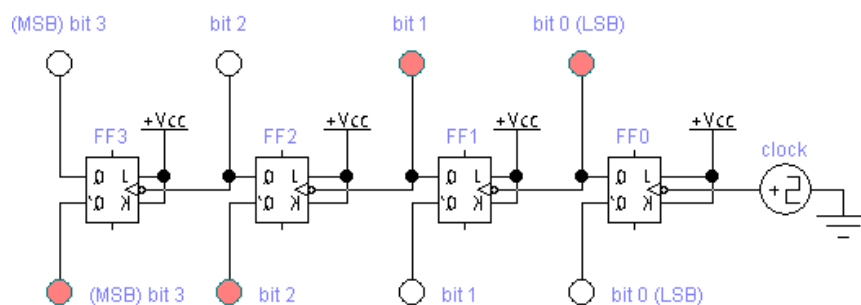
1. Jenis pencacah (misalnya: sinkron atau asinkron)
2. Banyak modulo yang ditentukan
3. Jenis flip-flop yang akan digunakan (JK flip-flop, SR flip-flop, D flip-flop, atau T flip-flop)
4. Kode bilangan yang dipakai (misalnya: biner, BCD, gray, atau XS3)

Ada 7 langkah yang harus ditempuh untuk merancang suatu counter:

1. Mengidentifikasi kebutuhan (4 hal di atas)
2. Menentukan jumlah FF yang digunakan dengan rumus $(2^{n-1} < \text{modulo} \leq 2^n)$, atau dengan melihat jumlah bit pada bilangan terakhir
3. Membuat layout sederhana dari jumlah flip-flop yang telah ditentukan
4. Membuat tabel transisi
5. Mencari formula masukan setiap flip-flop
6. Implementasi formula
7. Implementasi dengan IC

Evaluasi

- 1) Apa yang Anda ketahui tentang counter?
- 2) Apa yang dimaksud dengan counter sinkron?
- 3) Gambarkan rangkaian secara umum suatu counter sinkron dengan 3 D flip-flop!
- 4) Apa yang dimaksud dengan counter asinkron?
- 5) Gambarkan rangkaian secara umum suatu counter asinkron dengan 3 D flip-flop!
- 6) Perhatikan gambar rangkaian berikut :



Jika bagaimanakah rangkaian diatas disebut *up counter* dan *down counter*?

- 7) Sebutkan hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat pencacah/ counter!
- 8) Sebutkan langkah-langkah membuat suatu pencacah/ counter!

Standar Kompetensi DDTD



Materi :

- **Sistem Bilangan**
- **Operasi Gerbang Logika**
- **Flip-Flop**
- **Register**
- **Decoder – Encoder**
- **Counter**

A. Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang benar!

1. Sistem digital adalah sistem dengan gejala ...
 - a. Terus menerus
 - b. Kontinyu
 - c. Deskrit
 - d. Tanpa batas
 - e. Kualitatif
2. Sistem bilangan yang umum digunakan oleh manusia adalah...
 - a. Biner
 - b. Oktal
 - c. Heksadesimal
 - d. Desimal
 - e. Ganjil
3. Bilangan heksadesimal mempunyai sebanyak ... anggota
 - a. 10
 - b. 8
 - c. 15
 - d. 16
 - e. 6
4. Berikut ini yang bukan bilangan oktal adalah...
 - a. 181_8
 - b. 167_8
 - c. 423_8
 - d. 26_8
 - e. 155_8
5. Yang tidak termasuk bilangan heksadesimal adalah...
 - a. 12_{16}
 - b. 45_{16}
 - c. EA_{16}
 - d. FX_{16}
 - e. ABC_{16}

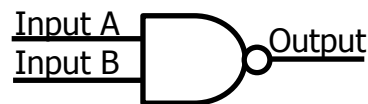
-
6. Anggota bilangan biner adalah...
 - a. 0 dan 1
 - b. 1 dan 2
 - c. 1 dan 1
 - d. 0 dan 2
 - e. 0 dan 0
 7. Cacahan bilangan biner disebut juga...
 - a. Bait
 - b. Byte
 - c. Bit
 - d. Bin
 - e. Bite
 8. Berapa bit-kah bilangan 101_2 ?
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
 9. 2 byte sama dengan...
 - a. 3 nibble
 - b. 16 bit
 - c. 8 bit
 - d. 1 kilobit
 - e. 1 megabit
 10. Sebuah kondisi lampu ditulis dalam biner 1011, berarti lampu itu ...
 - a. Nyala nyala mati mati
 - b. Mati nyala nyala mati
 - c. Nyala mati nyala mati
 - d. Mati mati nyala mati
 - e. Nyala mati nyala nyala

-
11. Bilangan manakah yang paling besar bobotnya?
- a. 1001_2
 - b. 10_{10}
 - c. 10_8
 - d. 10_{16}
 - e. 111_2
12. Kode BCD adalah ...
- a. Bilangan desimal yang dikodekan seperti biner
 - b. Bilangan biner yang dikodekan seperti desimal
 - c. Bilangan-bilangan yang dikodekan biner
 - d. Bilangan heksadesimal yang dikodekan seperti desimal
 - e. Bilangan desimal yang dikodekan dengan simbol-simbol
13. Bilangan 45_{10} jika dikodekan dalam bentuk BCD menjadi...
- a. $0110\ 0010_{BCD}$
 - b. $1010\ 1001_{BCD}$
 - c. $1000\ 0010_{BCD}$
 - d. $0100\ 0101_{BCD}$
 - e. $1000\ 1001_{BCD}$
14. Bilangan 45_{10} jika dikodekan dalam bentuk XS3 menjadi...
- a. $0110\ 0010_{XS3}$
 - b. $1010\ 1001_{XS3}$
 - c. $1001\ 0010_{XS3}$
 - d. $0100\ 0101_{XS3}$
 - e. $0111\ 1000_{XS3}$
15. Kode internal 6 bit mampu menyatakan sampai ... tanda berbeda
- a. 64
 - b. 32
 - c. 16
 - d. 12
 - e. 6

16. Output berlogika 1 jika semua input berlogika 1, adalah fungsi dari gerbang logika...

- a. NOT
- b. OR
- c. EXOR
- d. AND
- e. NAND

17. Berikut ini adalah simbol dari gerbang...



- a. NOT
- b. OR
- c. EXOR
- d. AND
- e. NAND

18. NOR adalah gabungan dari gerbang...

- a. NOT dan OR
- b. NOT dan EXOR
- c. AND dan OR
- d. AND dan EXOR
- e. NAND dan EXNOR

19. Contoh notasi fungsi NAND adalah ...

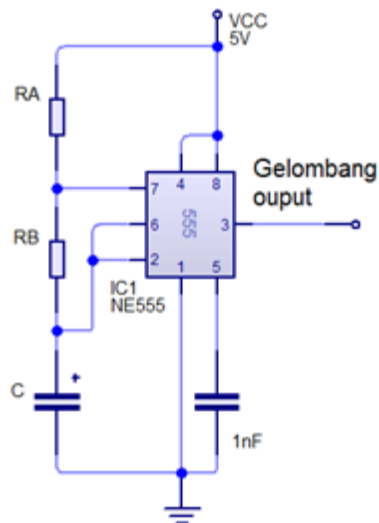
- a. $F = \overline{ABC}$
- b. $F = A + B + C$
- c. $F = \overline{A + B + C}$
- d. $F = \overline{A} \overline{B} \overline{C}$
- e. $F = ABC$

20. Fungsi gerbang NOT adalah sebagai ... logika

- a. Penguat
- b. Penerus
- c. Pembalik
- d. Penyimpan
- e. Pembersih

-
21. Jika $A = 1$, maka $\bar{A} = \dots$
- a. 10
 - b. 01
 - c. 11
 - d. 0
 - e. 1
22. Dalam aljabar Boolean $\overline{ABC} = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C}$ adalah hukum...
- a. Asosiatif
 - b. Distributif
 - c. De Monro
 - d. Subtitutif
 - e. De Morgan
23. Gerbang logika yang sering digunakan sebagai gerbang universal adalah ...
- a. AND dan NAND
 - b. NOR dan NAND
 - c. NOT dan dan NOR
 - d. AND dan OR
 - e. NOR dan AND
24. TTL adalah singkatan dari ...
- a. *Transistor Transistor Limit*
 - b. *Transistor Transistor Logic*
 - c. *Transistor Transmitter Logic*
 - d. *Transmitter Transistor Limit*
 - e. *Transmitter Transistor Logic*
25. CMOS adalah singkatan dari ...
- a. *Complementary Metalica Oxide Semiconductor*
 - b. *Complementary Metal Oxide Semiconductor*
 - c. *Contemporary Metal Oxide Semiconductor*
 - d. *Complementary Metyl Oxide Semiconductor*
 - e. *Complementary Metal On Semiconductor*

Perhatikan gambar rangkaian pembangkit gelombang kotak berikut
(soal 26 – 29)



Gambar. Rangkaian pembangkit gelombang kotak

26. Fungsi utama dari C adalah ...
- Mengatur seberapa lama pulsa berlogika 1
 - Mengatur seberapa lama pulsa berlogika 0
 - Memuat tegangan listrik sementara
 - Membentuk sinyal kotak/ pulsa
 - Menyearahkan arus listrik
27. Fungsi utama dari RA adalah ...
- Mengatur seberapa lama pulsa berlogika 1
 - Mengatur seberapa lama pulsa berlogika 0
 - Memuat tegangan listrik sementara
 - Membentuk sinyal kotak/ pulsa
 - Menyearahkan arus listrik
28. Fungsi utama dari RB adalah ...
- Mengatur seberapa lama pulsa berlogika 1
 - Mengatur seberapa lama pulsa berlogika 0
 - Memuat tegangan listrik sementara
 - Membentuk sinyal kotak/ pulsa
 - Menyearahkan arus listrik

-
29. Fungsi utama dari IC 555 adalah ...
- a. Mengatur seberapa lama pulsa berlogika 1
 - b. Mengatur seberapa lama pulsa berlogika 0
 - c. Memuat tegangan listrik sementara
 - d. Membentuk sinyal kotak/ pulsa
 - e. Menyearahkan arus listrik
30. Persentase lebar pulsa saat berlogika 1 disebut ...
- a. *Time high*
 - b. *Duty cycle*
 - c. *High pulse*
 - d. *Call of duty*
 - e. *High percentage*
31. Pada SR flip-flop, kondisi set adalah pada saat ...
- a. $Q = Q'$
 - b. $Q = 0$, kondisi baru
 - c. $Q = 1$, kondisi baru
 - d. $Q = Q$ sebelumnya
 - e. $Q = Q' = S = R$
32. Pada SR flip-flop, kondisi reset adalah pada saat ...
- a. $Q = Q'$
 - b. $Q = 0$, kondisi baru
 - c. $Q = 1$, kondisi baru
 - d. $Q = Q$ sebelumnya
 - e. $Q = Q' = S = R$
33. Pada SR flip-flop, kondisi terlarang adalah pada saat ...
- a. $Q = Q'$
 - b. $Q = 0$, kondisi baru
 - c. $Q = 1$, kondisi baru
 - d. $Q = Q$ sebelumnya
 - e. $Q = Q' = S = R$

-
34. Pada SR flip-flop, kondisi memori adalah pada saat ...
- a. $Q = Q'$
 - b. $Q = 0$, kondisi baru
 - c. $Q = 1$, kondisi baru
 - d. $Q = Q$ sebelumnya
 - e. $Q = Q' = S = R$
35. Flip-flop yang menjadi dasar dari sel memori adalah ...
- a. SR flip-flop
 - b. CSR flip-flop
 - c. T flip-flop
 - d. JK flip-flop
 - e. D flip-flop
36. Satu flip-flop mampu menyimpan data sebanyak ...
- a. 1 bit
 - b. 2 bit
 - c. 4 bit
 - d. 8 bit
 - e. 16 bit
37. Kapasitas penyimpanan data suatu register ditentukan oleh banyaknya ...
- a. Data input
 - b. Data output
 - c. Penyambungan clock
 - d. Flip-flop
 - e. Frekuensi clock
38. Transfer data register secara bertahap dari bit ke bit disebut transfer ...
- a. Serial
 - b. Parallel
 - c. Sinkron
 - d. Aktif
 - e. Pasif
-

-
39. Transfer data register secara serempak disebut transfer ...
- a. Serial
 - b. Parallel
 - c. Asinkron
 - d. Aktif
 - e. Pasif
40. Register dengan pergeseran data dari LSB ke MSB disebut juga sebagai ... Register
- a. *Shift Left*
 - b. *Shift Right*
 - c. *Shift Around*
 - d. *Shift Ring*
 - e. *Shift Parallel*
41. Sebuah register mendapat masukan data secara bertahap dan mengeluarkan data secara serempak disebut ...
- a. SISO
 - b. SIPO
 - c. PISO
 - d. PIPO
 - e. SOPO
42. Sebuah register mendapat masukan dan mengeluarkan data secara serempak disebut ...
- a. SISO
 - b. SIPO
 - c. PISO
 - d. PIPO
 - e. SOPO
43. Pengkode BCD ke penampil 7 segmen disebut sebagai ...
- a. Encoder
 - b. Decoder
 - c. Duplexer
 - d. Demultiplexer
 - e. Multiplexer
-

-
44. Pengkode 4 bit ke 2 bit juga disebut sebagai ...
- a. Encoder
 - b. Decoder
 - c. Duplexer
 - d. Demultiplexer
 - e. Multiplexer
45. Pengkode keluaran tunggal, dengan banyak masukan disebut ...
- a. Encoder
 - b. Decoder
 - c. Duplexer
 - d. Demultiplexer
 - e. Multiplexer
46. Pengkode dengan keluaran banyak, tetapi mempunyai masukan tunggal disebut ...
- a. Encoder
 - b. Decoder
 - c. Duplexer
 - d. Demultiplexer
 - e. Multiplexer
47. Rangkaian counter yang setiap flip-flop mendapatkan clock secara bersama-sama disebut counter ...
- a. Serial
 - b. Parallel
 - c. Asinkron
 - d. Aktif
 - e. Pasif
48. Counter yang menghitung dari bilangan terbesar menuju bilangan terkecil disebut counter ...
- a. *Up counter*
 - b. *Left counter*
 - c. *Middle counter*
 - d. *Right counter*
 - e. *Down ounter*
-

49. Counter modulo 5 membutuhkan ... flip-flop

- a. 5
- b. 4
- c. 3
- d. 2
- e. 1

50. Counter modulo yang terdiri dari 3 flip-flop mampu menghitung hingga bilangan terakhir ...

- a. 3
- b. 4
- c. 5
- d. 6
- e. 7

B. Uraian

1. Konversikan bilangan berikut!

$$18_{16} = \dots_2 = \dots_8 = \dots_{10} = \dots_{\text{BCD}} = \dots_{\text{XS3}} = \dots_{\text{GRAY}}$$

2. Gambarkan dalam bentuk rangkaian gerbang universal NAND logika fungsi berikut!

$$F = (\bar{A} + B) \cdot (\bar{B} + \bar{C})$$

Tentukan logika akhir dari fungsi F jika diketahui $A = 0$, $B = 1$, $C = 1$!

3. Lengkapi tabel operasi shift register berikut ini!

| Clock ke | Shift Left Register Memori awal 1001 | | | | | Shift Right Register Memori awal 1101 | | | | | Shift Right Around Reg. memori 1011 | | | |
|-------------|---|----|----|----|----|--|----|----|----|----|--|----|----|----|
| | input | b3 | b2 | b1 | b0 | input | b3 | b2 | b1 | b0 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| 0 | - | 1 | 0 | 0 | 1 | - | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 2 | 1 | | | | | 0 | | | | | | | | |
| 3 | 1 | | | | | 0 | | | | | | | | |
| 4 | 0 | | | | | 1 | | | | | | | | |

4. Rancanglah counter sinkron modulo 5 menggunakan D flip-flop!

Standar Kompetensi DDTD



Materi :

- Sistem Bilangan
- Operasi Gerbang Logika
- Flip-Flop
- Register
- Decoder – Encoder
- Counter

Evaluasi halaman 31

1) Suatu sistem bilangan memiliki :

1. Basis (BASE)/Radik, yaitu banyaknya angka yang dipergunakan pada suatu bilangan.
2. Absolute Value (nilai mutlak) atau simbol bilangan, yaitu jenis digit yang berbeda-beda dalam suatu sistem atau simbol bilangan.
3. Positional value (nilai posisi), nilai (bobot bilangan) setiap digit dalam suatu bilangan bergantung pada posisinya, yang merupakan kelipatan dari base-nya.
4. Nilai dari suatu bilangan adalah hasil penjumlahan dari setiap digit yang dikalikan dengan posisi masing-masing.

Skor : tanpa penjelasan, masing-masing item mendapat skor 0,25

Disebutkan dengan penjelasan, masing-masing item mendapat skor 1

Maksimal skor 4

2) Sistem bilangan :

1. Biner, adalah sistem bilangan berbasis dua-an. Bilangannya : 0,1
2. Desimal, adalah sistem bilangan berbasis sepuluh. Bilangannya : 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9
3. Oktal, adalah sistem bilangan berbasis delapan. Bilangannya : 0,1,2,3,4,5,6,7
4. Heksadesimal, adalah sistem bilangan berbasis enam belasan. Bilangannya : 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F

Skor : tanpa penjelasan, masing-masing item mendapat skor 0,25

Disebutkan dengan penjelasan, masing-masing item mendapat skor 1

Maksimal skor 4

3) Hitung aritmatika :

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| <p>a. $\begin{array}{r} 1011 \\ 0101 + \\ \hline 10000 \end{array}$</p> | <p>b. $\begin{array}{r} 1011 \rightarrow \\ 0111 - \text{ komp } \\ \hline \end{array}$</p> | <p>$\begin{array}{r} 1011 \\ 1000 + \\ 0011 \\ \hline \text{carry } 1 + \\ 0100 \end{array}$</p> | <p>c. $\begin{array}{r} 10 \\ 0101 / 1010 \\ \hline 101 - \\ 00 \\ \hline 00 - \\ \hline 0 \end{array}$</p> | <p>d. $\begin{array}{r} 1001 \\ 110 \times \\ \hline 0000 \\ 1001 \\ \hline 1001 + \\ 110110 \end{array}$</p> |
|--|--|---|--|--|

Skor : Tidak dikerjakan skor 0

Untuk tiap item, dihitung namun hasil akhir salah, skor 0,5

Untuk tiap item, dihitung dan hasil akhir benar, skor 2

Maksimal skor 8

4) Konversi :

a. 542_{10}

| Biner | Oktal | Heksadesimal |
|---|--|--|
| $\begin{array}{ll} 542 / 2 = 127 & \text{ sisa } 0 \uparrow \\ 271 / 2 = 135 & \text{ sisa } 1 \uparrow \\ 135 / 2 = 67 & \text{ sisa } 1 \uparrow \\ 67 / 2 = 33 & \text{ sisa } 1 \uparrow \\ 33 / 2 = 16 & \text{ sisa } 1 \uparrow \\ 16 / 2 = 8 & \text{ sisa } 0 \\ 8 / 2 = 4 & \text{ sisa } 0 \\ 4 / 2 = 2 & \text{ sisa } 0 \\ 2 / 2 = 1 & \text{ sisa } 0 \\ 1 / 2 = 0 & \text{ sisa } 1 \end{array}$ | $\begin{array}{ll} 542 / 8 = 67 & \text{ sisa } 6 \uparrow \\ 67 / 8 = 8 & \text{ sisa } 3 \uparrow \\ 8 / 8 = 1 & \text{ sisa } 0 \uparrow \\ 1 / 8 = 0 & \text{ sisa } 1 \uparrow \end{array}$ | $\begin{array}{ll} 542 / 16 = 16 & \text{ sisa } 14 = E \uparrow \\ 33 / 16 = 2 & \text{ sisa } 1 \uparrow \\ 2 / 16 = 0 & \text{ sisa } 2 \uparrow \end{array}$ |
| 1000011110_2 | 1036_8 | $21E_{16}$ |

$542_{10} = 1000011110_2 = 1036_8 = 21E_{16}$

b. 1001 10112

Desimal

$$\begin{aligned} 1001\ 1011_2 &= 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ &= 128 + 0 + 0 + 16 + 8 + 0 + 2 + 1 \\ 1001\ 1011_2 &= 155_{10} \end{aligned}$$

Oktal

(10 011 011)₂
(2 3 3)₈

$$1001\ 1011_2 = 233_8$$

Hexadesimal

(1001 1011)₂
(9 B)₁₆

$$1001\ 1011_2 = 9B_{16}$$

$$10011011_2 = 155_{10} = 233_8 = 9B_{16}$$

Skor :

Tidak dikerjakan skor 0

Untuk tiap konversi, dihitung namun hasil akhir salah, skor 0,5

Untuk tiap konversi, dihitung dan hasil akhir benar, skor 2

Maksimal skor 12

- 5) BCD adalah pengkodean bilangan biner seperti bilangan desimal. Setiap 4 digit bilangan biner mewakili 1 digit bilangan desimal

Contoh : $45_{10} = 1011012\text{ BCD}$

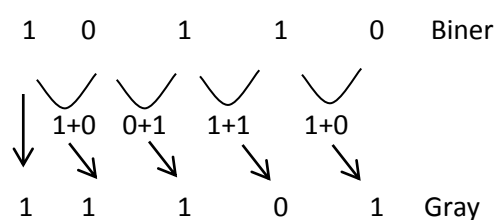
Skor maksimal 2

- 6) Pengkodean XS3 atau EXCESS-3 hampir sama dengan BCD, hanya saja setiap digit dari nilai desimal yang akan diubah ke kode EXCESS-3 harus ditambah dengan angka 3 terlebih dahulu.

Contoh : $64_{10} = 1001\ 0111\text{XS3}$

Skor maksimal 2

- 7) Kode Gray adalah bit-bit kode yang berurutan hanya mengalami perubahan 1 bit saja.



Skor maksimal 2

- 8) Alfanumerik adalah kode-kode yang menyimpan simbol-simbol huruf dan angka.

Contoh : 7 LANGIT

000111 110000 100011 010001 100101 010111 011001 110011
7 L A N G I T

Skor maksimal 2

- 9) Kodekan bilangan berikut menjadi BCD, XS3 dan GRAY!

a. $22_{10} = 0010\ 0010_{BCD} = 0101\ 0101_{XS3} = 10110_2 = 11101_{GRAY}$

b. $31_8 = 25_{10} = 0010\ 0101_{BCD} = 0101\ 1000_{XS3} = 11001_2 = 10101_{GRAY}$

Skor maksimal 8

- 10) Lengkapilah :

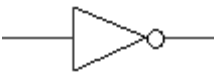
- Standard Kode untuk Informasi Interchange dari Amerika adalah ASCII
- Selain pengkodean standar Amerika, pengkodean dengan memori lebih banyak adalah UNICODE

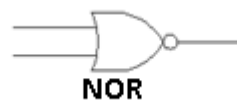
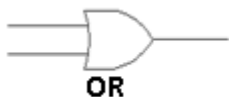
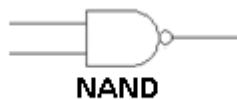
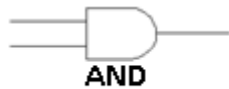
Skor maksimal 1

| |
|--------------------------------------|
| Nilai = (Skor Total / 9) x 20 |
| = (45 / 9) x 20 = 100 |

Operasi Gerbang Logika

Evaluasi halaman 64

- 1) Gerbang dasar :
- 
- NOT**



Skor : setiap gambar dan nama gerbang yang sesuai adalah 1

Skor maksimal 7

- 2) Maksud gerbang dasar:

- a. NOT : Output selalu berlawanan dengan keadaan input
- b. AND : Output berlogika 1 jika semua input berlogika 1,
- c. OR : Output berlogika 0 jika semua input berlogika 0,
- d. NAND : Output berlogika 0 jika semua input berlogika 1,
- e. NOR : Output berlogika 1 jika semua input berlogika 0,
- f. XOR : Output berlogika 1 jika input sebanyak ganjil berlogika 1,
- g. XNOR : Output berlogika 0 jika input sebanyak ganjil berlogika 1,

Skor : setiap maksud dan nama gerbang yang sesuai adalah 1

Skor maksimal 7

- 3) Sederhanakan bentuk berikut :

- a. $A \cdot B + A \cdot C = A \cdot (B + C)$
- b. $A \cdot C + \bar{A} \cdot C = C \cdot (A + \bar{A})$
- c. $A + B \cdot A + \bar{C} \cdot A = A(1 + B + \bar{C})$

Skor : setiap item yang benar adalah 1

Skor maksimal 3

4) Menentukan logika output:

a. $A \cdot B + A \cdot C$

$$= A \cdot (B + C)$$

$$= 1 (1+0)$$

$$= 1$$

b. $A \cdot C + \bar{A} \cdot C$

$$= C \cdot (A + \bar{A})$$

$$= 0 \cdot (1 + 0)$$

$$= 0$$

c. $A + B \cdot A + \bar{C} \cdot A$

$$= A \cdot (1 + B + \bar{C})$$

$$= 1 \cdot (1 + 1 + 1)$$

$$= 1$$

Skor : setiap poin yang benar adalah 1

Skor maksimal 3

5) Lengkapilah :

a. IC 7402 untuk gerbang nor

b. IC 7400 untuk gerbang nand

c. IC 7404 untuk gerbang not

d. IC 7432 untuk gerbang or

e. Tegangan Vcc IC TTL 5 volt

Skor : setiap poin yang benar adalah 1

Skor maksimal 5

| |
|-------------------------------|
| Nilai = Skor Total x 4 |
| = 25 x 4 = 100 |

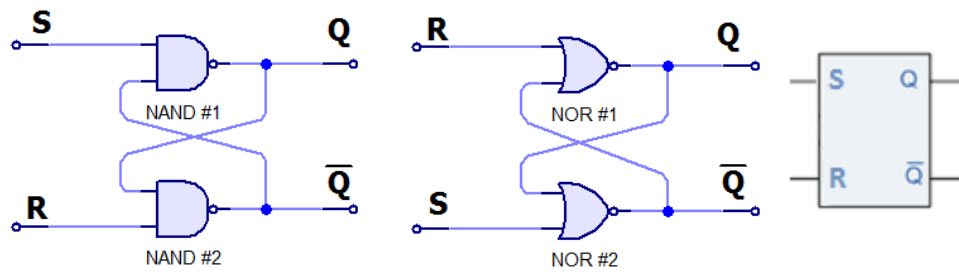
Evaluasi halaman 81

- 1) Flip-flop secara bahasa memiliki arti perubahan yang tiba-tiba, perubahan yang berlawanan. Flip-flop mempunyai dua keadaan stabil atau disebut *Bistabil Multivibrator*. Dua keadaan berlawanan ini biasanya disimbolkan dengan huruf **Q** dan bukan Q (\bar{Q}).
- 2) SR flip-flop dalam keadaan "set" adalah pada saat keadaan baru $Q = 1$ dan $\bar{Q} = 0$
- 3) SR flip-flop dalam keadaan terlarang adalah pada saat $Q = \bar{Q}$
- 4) CSR flip-flop adalah SR flip-flop yang diberi masukan klok
- 5) CSR flip-flop dalam keadaan terlarang adalah pada saat $Q = \bar{Q}$
- 6) Karakteristik D flip-flop adalah input D sama dengan output Q
- 7) Yang membedakan JK flip-flop dengan SR flip-flop adalah JK flip-flop mempunyai rangkaian pengumpan balik, SR flip-flop tidak SR flip-flop mempunyai keadaan terlarang, JK flip-flop tidak (boleh disebutkan salah satu)
- 8) T flip-flop adalah JK flip-flop versi input tunggal dengan menghubungkan kedua input J dan K. Flip-flop ini hanya memiliki satu masukan dengan pulsa clock. Disebut "toggle" flip-flop karena kemampuannya untuk melengkapi sebuah kondisi yakni "peralihan".
- 9) Rangkaian Master-Slave flip-flop digunakan untuk menghindari respon input yang sangat sensitif, yakni dengan memperbolehkan 1 kondisi perubahan dalam satu siklus, bukan 2 kondisi perubahan dalam 1 siklus seperti flip-flop yang berdiri sendiri.

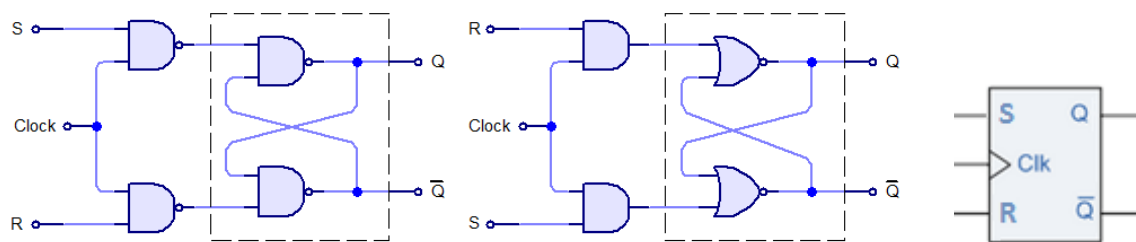
Skor untuk nomor 1 sampai 9 masing-masing maksimal 1

10) Gambar rangkaian palang flip-flop dan simbol blok

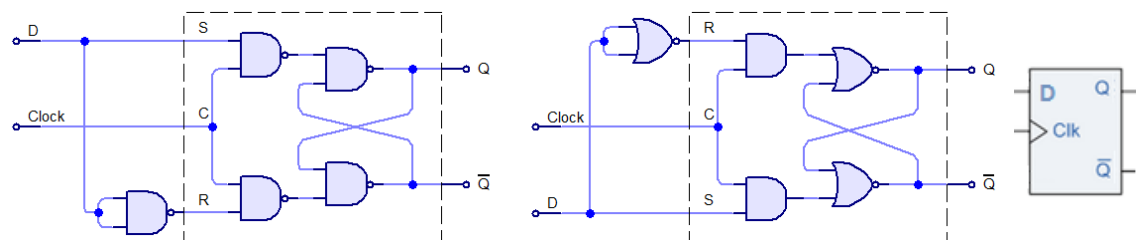
SR flip-flop



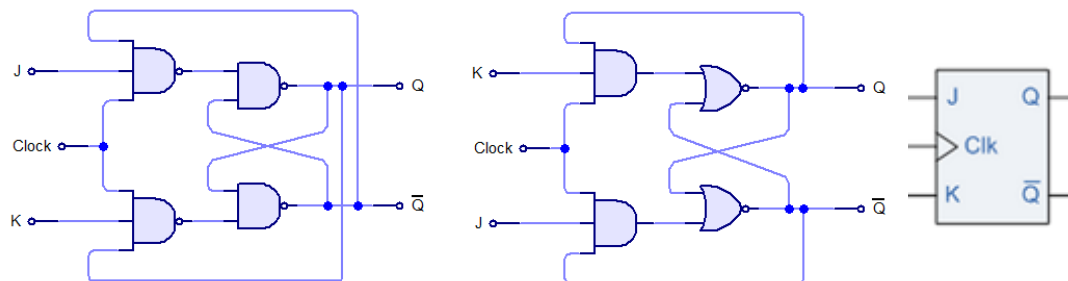
CSR flip-flop



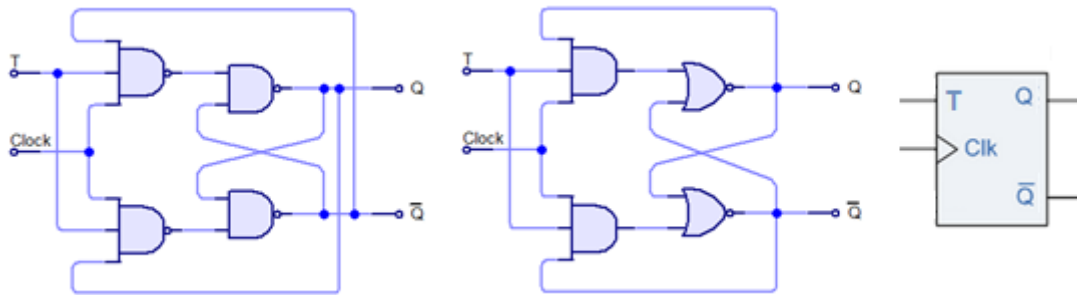
D flip-flop



JK flip-flop

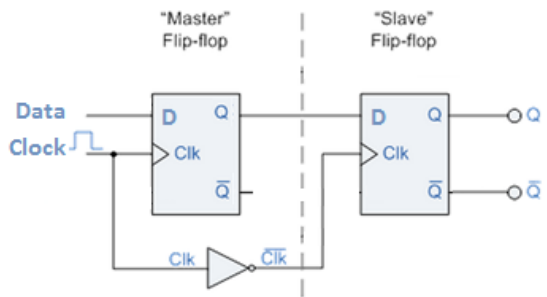


T flip-flop

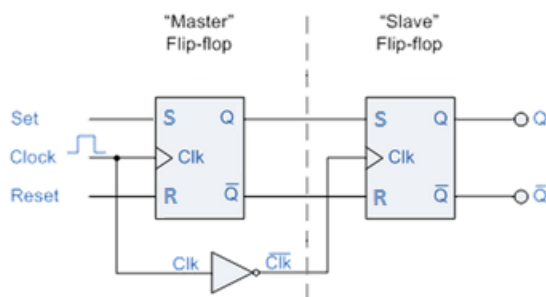


Master-Slave flip-flop

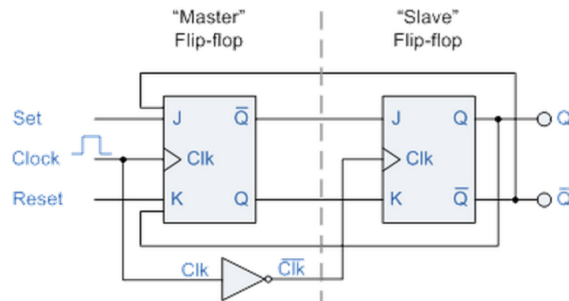
Master-Slave D flip-flop



Master-Slave SR flip-flop



Master-Slave JK flip-flop



Skor tiap gambar flip-flop adalah 1, skor keseluruhan maksimal 6

$$\text{Nilai} = (\text{Skor Total} / 3) \times 20$$

$$= (15 / 3) \times 20 = 100$$

Register

Evaluasi halaman 95

- 1) Register adalah sekelompok flip-flop yang dirangkai sehingga mempunyai kemampuan menyimpan data lebih banyak dari pada flip-flop tunggal. Kemampuan menyimpan data ditentukan dari banyaknya flip-flop yang digunakan.

Skor maksimal 1

- 2) Ada dua cara transfer data yang mendasar yakni serial dan parallel. Transfer serial adalah transfer secara bertahap dari bit ke bit register. Transfer parallel adalah transfer secara serempak langsung ke semua bit register.

Skor maksimal 3

- 3) *Shift register* adalah suatu register yang cara transfer datanya dilakukan dengan cara menggeser memori bit ke bit secara serial.

Skor maksimal 1

- 4) Macam-macam *Shift register*

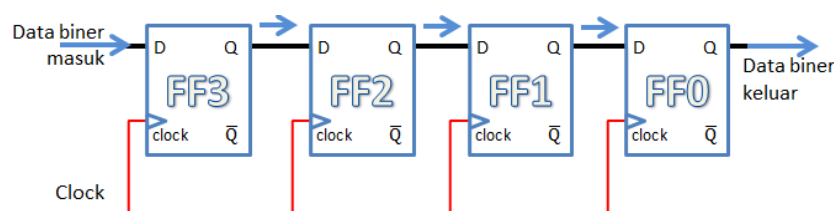
Register Geser Kiri (*Shift Left Register*), Register Geser Kanan (*Shift Right Register*), Register Geser Melingkar (*Shift Around Register*).

Skor maksimal 3

- 5) Penjelasan singkat dan gambaran register :

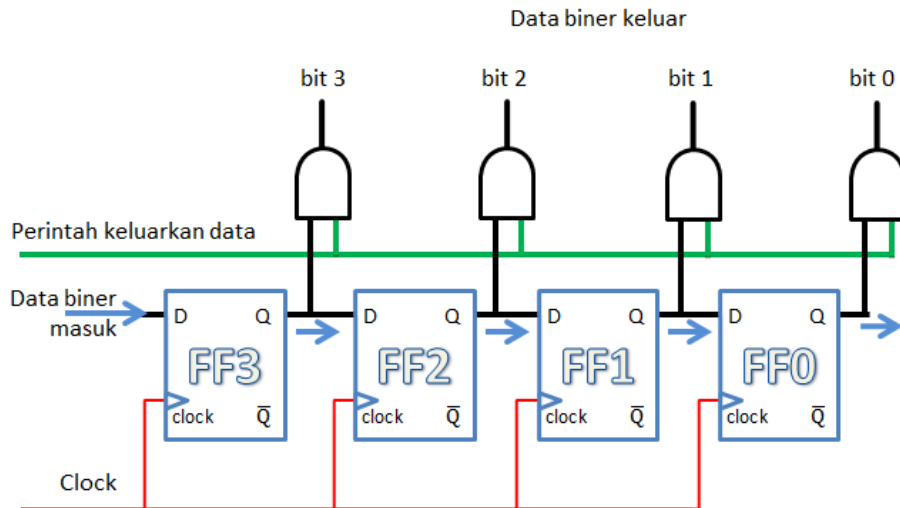
- a. SISO : serial input serial output adalah register dengan transfer data, baik masukan maupun keluaran dilakukan secara bertahap dari bit ke bit.

Gambar :



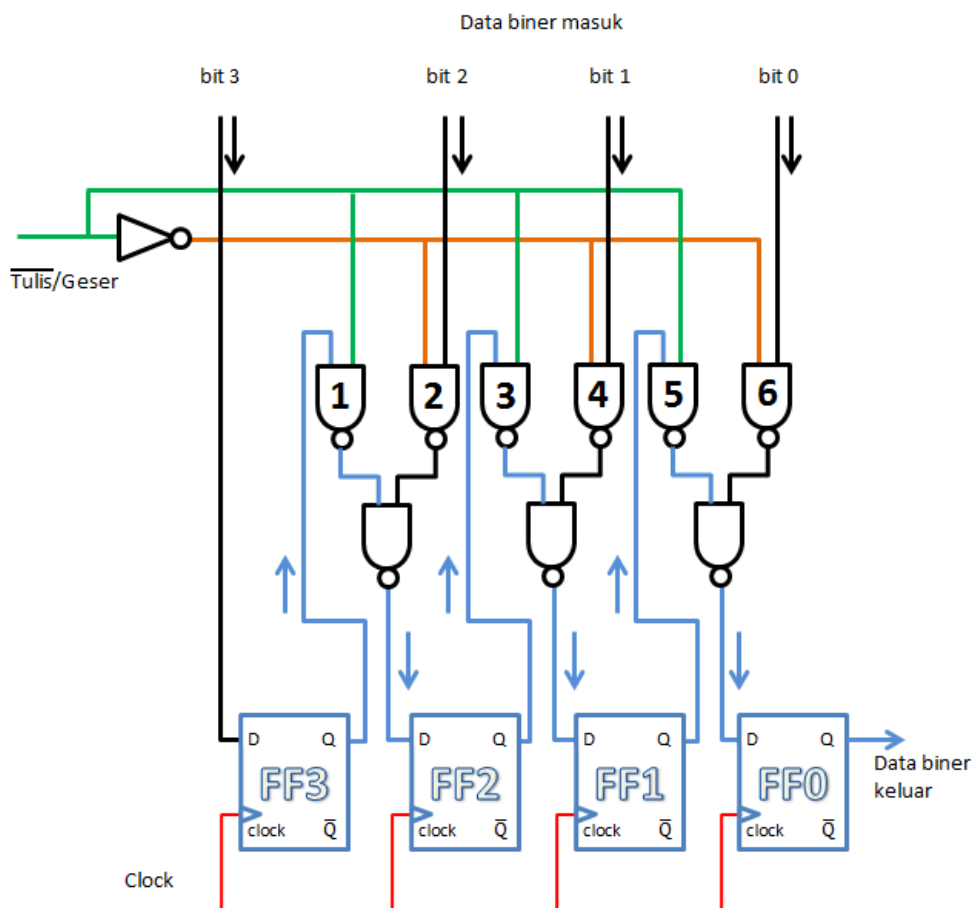
- b. SIPO : serial input parallel output adalah register dengan transfer masukan dilakukan secara bertahap dari bit ke bit kemudian dikeluarkan secara serempak semua bit.

Gambar :



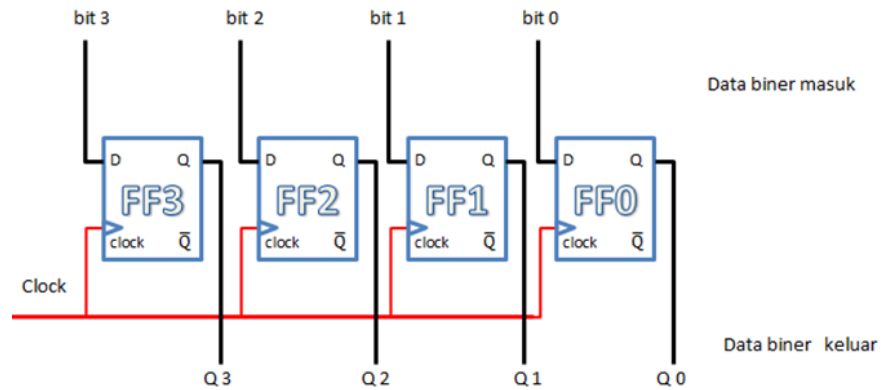
- c. PISO : parallel input serial output adalah register dengan transfer masukan dilakukan secara serempak semua bit dan dikeluarkan bertahap dari bit ke bit.

Gambar :



- d. PIPO : parallel input parallel output adalah register dengan transfer data, baik masukan maupun keluaran dilakukan secara serempak semua bit.

Gambar :



Skor tiap poin adalah 3, skor keseluruhan maksimal 12

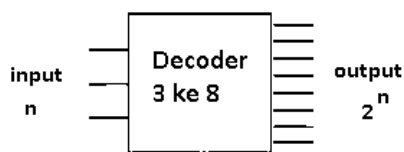
| |
|-------------------------------|
| Nilai = Skor Total x 5 |
| = 20 x 5 = 100 |

Evaluasi halaman 114

- 1) Decoder adalah pengkode bit data input menjadi bit data output yang lebih banyak. Beberapa contoh decoder adalah decoder n bit ke 2^n bit, BCD ke 7 segmen dan BCD ke 10 *line*.

Skor maksimal 2

- 2) Gambar suatu decoder

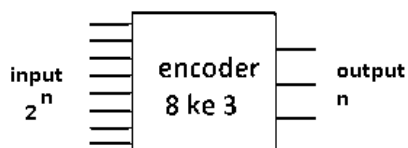


Skor maksimal 1

- 3) Encoder adalah pengkode bit data input menjadi bit data output yang lebih sedikit. Beberapa contoh encoder adalah encoder 2^n bit ke n bit, encoder 10 *line* ke BCD dan encoder prioritas (*priority encoder*).

Skor maksimal 2

- 4) Gambar suatu encoder

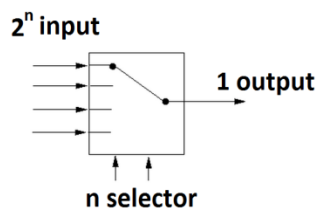


Skor maksimal 1

- 5) Multiplexer atau mux adalah pengkode dengan selector yang mengkodekan 1 bit data input menjadi bit data output yang lebih banyak. Jika selector sebanyak n , maka output mux sebanyak 2^n .

Skor maksimal 2

6) Gambar suatu mux

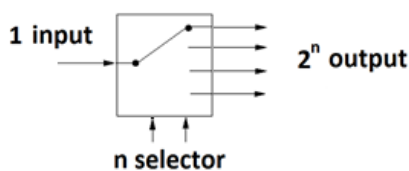


Skor maksimal 1

7) Demultiplexer atau demux adalah pengkode dengan selector yang mengkodekan banyak bit data input menjadi 1 bit data output. Jika selector sebanyak n , maka input demux sebanyak 2^n .

Skor maksimal 2

8) Gambar suatu demux



Skor maksimal 1

| |
|---------------------------------------|
| Nilai = (Skor Total / 3) x 25 |
| = (12 / 3) x 25 = 100 |

Evaluasi halaman 136

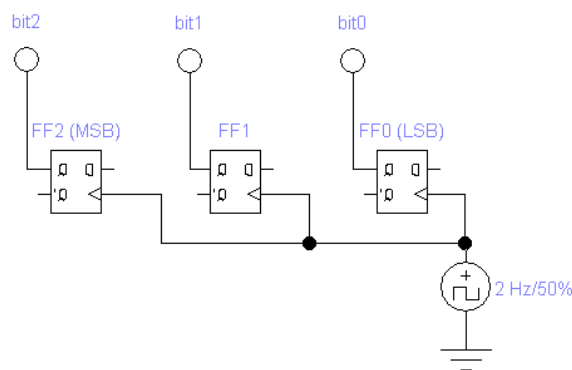
- 1) Counter adalah serangkaian flip-flop yang dirancang untuk menghitung atau mencacah bilangan yang dipicu oleh clock.

Skor maksimal 1

- 2) Counter sinkron adalah counter yang semua flip-flopnya mendapat sinyal clock secara bersama, atau dihubung parallel.

Skor maksimal 1

- 3) Gambar rangkaian secara umum counter sinkron 3 D flip-flop :

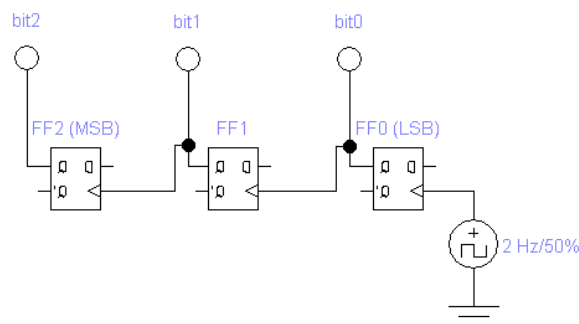


Skor maksimal 2

- 4) Counter asinkron adalah counter yang sinyal clocknya hanya masuk pada flip-flop bit terkecil sedangkan bit yang lebih besar mendapat sinyal clock dari output Q bit yang lebih kecil, atau dihubung serial.

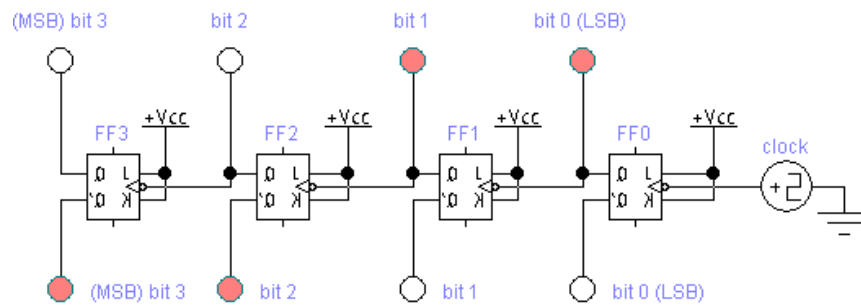
Skor maksimal 1

- 5) Gambar rangkaian secara umum suatu counter asinkron 3 D flip-flop :



Skor maksimal 2

6) Perhatikan gambar rangkaian berikut :



Rangkaian diatas disebut

up counter : yang dilihat adalah output Q

down counter : yang dilihat adalah output Q'

Skor maksimal 2

7) Hal yang harus diperhatikan dalam merancang counter

1. Jenis pencacah (misalnya: sinkron atau asinkron)
2. Banyak modulo yang ditentukan
3. Jenis flip-flop yang akan digunakan (JK flip-flop, SR flip-flop, D flip-flop, atau T flip-flop)
4. Kode bilangan yang dipakai (misalnya: biner, BCD, gray, atau XS3)

Skor maksimal 2

8) Ada 7 langkah yang harus ditempuh untuk merancang suatu counter:

1. Mengidentifikasi kebutuhan (4 hal di atas)
2. Menentukan jumlah FF yang digunakan dengan rumus $(2^{n-1} < \text{modulo} \leq 2^n)$, atau dengan melihat jumlah bit pada bilangan terakhir
3. Membuat layout sederhana dari jumlah flip-flop yang telah ditentukan
4. Membuat tabel transisi
5. Mencari formula masukan setiap flip-flop
6. Implementasi formula
7. Implementasi dengan IC

Skor maksimal 4

| |
|---------------------------------------|
| Nilai = (Skor Total / 3) x 20 |
| = (15 / 3) x 20 = 100 |

Evaluasi Akhir

Evaluasi halaman 137

A. Pilihan Ganda

| | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 1. C | 11.D | 21.D | 31.C | 41.B |
| 2. D | 12.B | 22.E | 32.B | 42.D |
| 3. A | 13.D | 23.B | 33.A | 43.B |
| 4. A | 14.E | 24.B | 34.D | 44.A |
| 5. D | 15.A | 25.B | 35.E | 45.E |
| 6. A | 16.D | 26.C | 36.A | 46.D |
| 7. C | 17.E | 27.A | 37.D | 47.B |
| 8. C | 18.A | 28.B | 38.A | 48.E |
| 9. B | 19.A | 29.D | 39.B | 49.C |
| 10.E | 20.C | 30.B | 40.A | 50.E |

B. Uraian

1. Konversikan bilangan berikut!

$$18_{16} = \dots_2 = \dots_8 = \dots_{10} = \dots_{\text{BCD}} = \dots_{\text{XS3}} = \dots_{\text{GRAY}}$$

Jawab :

$$\begin{aligned} 18_{16} &= (\quad 1 \quad \quad 8 \quad)_{16} \\ &= (0001 \quad 1000)_2 \\ &= 11000_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11000_2 &= (011 \quad 000)_2 \\ &= (\quad 3 \quad \quad 0 \quad)_8 \\ &= 30_8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 30_8 &= (3 \times 8^1) + (0 \times 8^0) \\ &= 24_{10} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 24_{10} &= (\quad 2 \quad \quad 4 \quad)_{10} \\ &= (0010 \quad 0100)_{\text{BCD}} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r}
 24_{10} = \dots_{XS3} \\
 \begin{array}{cc}
 2 & 4 \\
 +3 & +3 \\
 \hline
 5 & 7
 \end{array} \\
 (0101 \ 0111)_{XS3}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccccc}
 11000_2 & = & (& 1 & 1 & 0 & 0 & 0 &)_2 \\
 & & \downarrow & \cup & \cup & \cup & \cup & & \\
 & & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & & \\
 & & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & & \\
 & & & & \text{(GRAY)} & & & &
 \end{array}$$

bit terbesar (MSB) GRAY sama dengan bit MSB biner, bit selanjutnya adalah penjumlahan dengan bit yang lebih kecil, *carry* diabaikan.

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi } 18_{16} &= 11000_2 = 30_8 = 24_{10} = 0010 \ 0100_{BCD} = 0101 \ 0111_{XS3} \\
 &= 10100_{GRAY}
 \end{aligned}$$

Skor maksimal 6

2. Gambarkan dalam bentuk rangkaian gerbang universal NAND logika fungsi berikut!

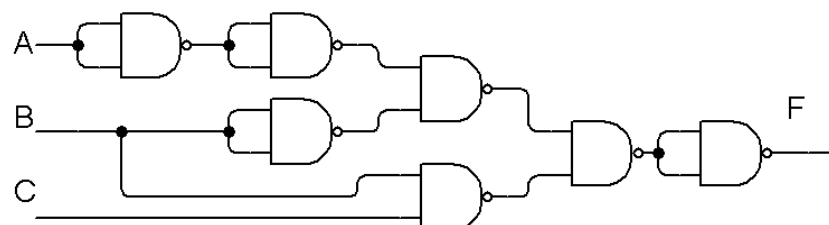
$$F = (\bar{A} + B).(\bar{B} + \bar{C})$$

Tentukan logika akhir dari fungsi F jika diketahui A = 0, B = 1, C = 1!

Jawab :

$$\begin{aligned}
 F &= (\bar{A} + B).(\bar{B} + \bar{C}) \\
 &= (\bar{A} + B).\overline{BC} \quad \text{De Morgan's Law}
 \end{aligned}$$

Gambar :



Jika diketahui A = 0, B = 1, C = 1

$$\begin{aligned}
 F &= (1 + 1).\overline{00} && \text{dibaca : (1 OR 1) AND (0 NAND 0)} \\
 &= 1.1 && \text{dibaca : 1 AND 1}
 \end{aligned}$$

F = 1 cocokkan lagi dengan tabel kebenaran gerbang logika.

Skor maksimal 4

3. Lengkapi tabel operasi shift register berikut ini!

| Clock ke | Shift Left Register Memori awal 1001 | | | | | Shift Right Register Memori awal 1101 | | | | | Shift Right Around Reg. memori 1011 | | | |
|----------|---|----|----|----|----|--|----|----|----|----|--|----|----|----|
| | input | b3 | b2 | b1 | b0 | input | b3 | b2 | b1 | b0 | b3 | b2 | b1 | b0 |
| 0 | - | 1 | 0 | 0 | 1 | - | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

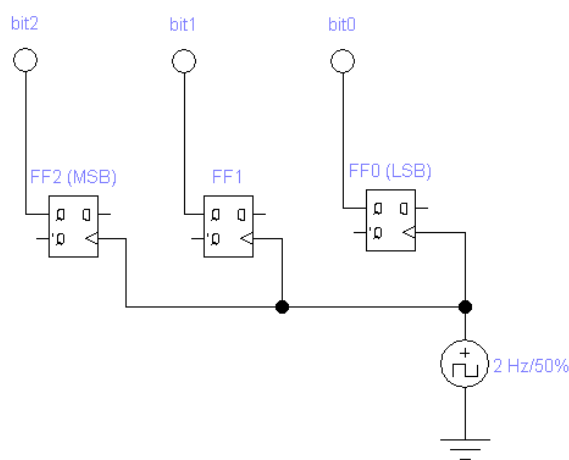
Skor maksimal 5

4. Rancanglah counter sinkron bilangan biner modulo 5 menggunakan D flip-flop!

Jawab:

Pencacah Sinkron modulo 5, kode bilangan biner tersusun dari D flip flop

- Jumlah FF = $2^{3-1} < 5 \leq 2^3$, $n = 3$
- Layout



Gambar Layout masukan clock D flip-flop

- Tabel Transisi D flip-flop Counter Sinkron Modulo 5

| Des | Q Awal | | | Q Berikut | | | D flip-flop | | |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | B ₂ | B ₁ | B ₀ | B ₂ | B ₁ | B ₀ | D ₂ | D ₁ | D ₀ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- Penyederhanaan fungsi dengan Peta Karnaugh

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|---|--|--|--|--|---------------------------------------|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|-----------|--|--|--|--|-------|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|-----------|--|--|--|--|-------|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $D_2 = B_1.B_0$ | | | | | $D_1 = \overline{B_1}.B_0 + B_1.\overline{B_0}$ | | | | | $D_0 = \overline{B_2}.\overline{B_0}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table><tr><td>$B_1 B_0$</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>B_2</td><td>00</td><td>01</td><td>11</td><td>10</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>d</td><td>d</td><td>d</td></tr></table> | | | | | $B_1 B_0$ | | | | | B_2 | 00 | 01 | 11 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | d | d | d | <table><tr><td>$B_1 B_0$</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>B_2</td><td>00</td><td>01</td><td>11</td><td>10</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>d</td><td>d</td><td>d</td></tr></table> | | | | | $B_1 B_0$ | | | | | B_2 | 00 | 01 | 11 | 10 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | d | d | d | <table><tr><td>$B_1 B_0$</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>B_2</td><td>00</td><td>01</td><td>11</td><td>10</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>d</td><td>d</td><td>d</td></tr></table> | | | | | $B_1 B_0$ | | | | | B_2 | 00 | 01 | 11 | 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | d | d | d |
| $B_1 B_0$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B_2 | 00 | 01 | 11 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | d | d | d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $B_1 B_0$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B_2 | 00 | 01 | 11 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | d | d | d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $B_1 B_0$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B_2 | 00 | 01 | 11 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | d | d | d | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

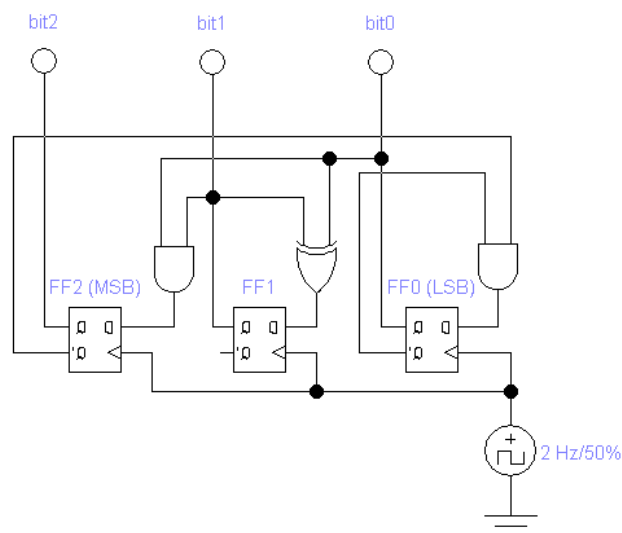
- Formula masukan D flip-flop

$$D_0 = \overline{B_2}.\overline{B_0}$$

$$D_1 = \overline{B_1}.B_0 + B_1.\overline{B_0} = B_1 \oplus B_0$$

$$D_2 = B_1.B_0$$

- Implementasi formula



Skor

| | |
|-----------------------------|---|
| Menentukan jumlah flip-flop | 2 |
| Menentukan layout | 2 |
| Membuat tabel transisi | 3 |
| Menyederhanakan fungsi | 3 |
| Menentukan formula masukan | 3 |
| Implementasi | 2 |

Skor maksimal keseluruhan 15

| |
|---------------------------------------|
| Nilai = (Skor Total / 3) x 10 |
| = (30 / 3) x 10 = 100 |

GLOSARIUM

A

Absolute : mutlak

Alphanumeric : kode-kode yang menyimpan huruf dan angka

Analog : gejala kontinuitas (terus-menerus), besaran kualitatif.

ASCII : sandi yang dituliskan dalam kode binary dengan 7 bit (0 dan 1)

Astable : tidak tetap, selalu berubah

Aritmathic : operasi matematis penjumlahan, pengurangan, perkalian, pembagian

B

Binary : sistem bilangan basis dua, anggota "0" dan "1"

Bistable : dua kondisi tetap

Bit : singkatan dari Binary Digit. Sebuah bit atau digit biner

Borrow : nilai pinjaman

Bouncing : memantul

Byte : satuan memori, 1 byte = 8 bit

C

Carry : nilai simpanan

Clock : pulsa / gelombang kotak, denyut sistem digital

Counter : suatu alat atau rangkaian digital yang berfungsi untuk menghitung

D

Data : informasi dalam bentuk sinyal digital

Debouncing : meredam pantulan

Decoder : pengkode beberapa input dengan output lebih banyak

Demultiplexer : pengkode satu input dengan banyak output

Digital : merupakan gejala diskrit besaran kuantitatif.

Diskrit : putus-putus, tidak terus menerus

E

Encoder : pengkode beberapa output dengan input lebih sedikit.

F

Flip-flop : rangkaian dengan dua keadaan tetap.

Frekuensi : banyaknya gelombang yang terjadi tiap satuan waktu.

I

Inverter : pembalik

K

Komplemen : sesuatu yang melengkapi atau menyempurnakan

Kontinyu : terus menerus

Konversi : perubahan dari suatu sistem ke sistem yang lain

M

Memori : ingatan

Modulo : banyak hitungan/ cacahan suatu counter

Multiplexer : rangkaian yang mempunyai banyak input dengan satu output

P

Parallel : serempak semua bit

Periode : waktu yang diperlukan gelombang satu siklus

Pulsa : gelombang kotak

R

Register : sekelompok flip-flop dengan jumlah tertentu

Reset : melepas memori

S

Serial : bertahap bit per bit

Set : memasang memori

Sinyal : gelombang elektrik atau elektromagnetis

Sinkron : kendali bersama

T

Toggle : kondisi peralihan

Transfer : pengiriman data

U

Unicode : kode karakter yang lebih rumit, yang mampu menyimpan 65.536 karakter

DAFTAR PUSTAKA

Ronald J. Tocci. 1985. *Digital System*. New Jersey: Prentice-Hall

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electronic/digcktkon.html>

<http://www.circuitstoday.com/>

<http://www.daenotes.com/electronics/digital-electronics/>

E-mail penyusun : vanhozen@facebook.com

? a [y o s i n a u

LAMPIRAN 3

Instrumen Penelitian

LEMBAR EVALUASI AHLI MATERI

Standar Kompetensi : Menerapkan Dasar-Dasar Teknik Digital

Sasaran Program : Peserta didik SMK kelas X

Judul Penelitian : Pengembangan Modul Dasar-Dasar Teknik Digital pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital (DDTD) Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta

Pengembang : Muhammad Firda Husain

Dosen Pembimbing : Dessy Irmawati, M.T.

Evaluator :

Petunjuk pengisian:

1. Lembar evaluasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu sebagai Ahli Materi tentang modul teknik digital pada mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital.
2. Pendapat, kritik, saran, penilaian, dan komentar Bapak/Ibu akan sangat bermanfaat untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas modul ini. Sehubungan dengan hal tersebut, Bapak/Ibu dimohon untuk memberikan pendapatnya pada setiap pernyataan yang tersedia dengan memberikan tanda (√) pada kolom yang tersedia sesuai dengan keyakinan Bapak/Ibu.

Keterangan:

| No. | Kriteria | Keterangan |
|-----|----------|---------------|
| 1. | SS | Sangat Setuju |
| 2. | S | Setuju |
| 3. | KS | Kurang Setuju |
| 4. | TS | Tidak Setuju |

Atas bantuan Bapak/Ibu, saya ucapkan terima kasih.

| No. | Pernyataan | SS | S | KS | TS |
|------------------------------|---|----|---|----|----|
| Aspek Kualitas Materi | | | | | |
| 1. | Materi modul sesuai dengan silabus mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital di SMK Negeri 3 Yogyakarta. | | | | |
| 2. | Materi modul sesuai dengan kompetensi dasar Dasar-Dasar Teknik Digital di SMK Negeri 3 Yogyakarta. | | | | |
| 3. | Materi modul mampu mencapai indikator-indikator kompetensi dasar Dasar-Dasar Teknik Digital di SMK Negeri 3 Yogyakarta. | | | | |
| 4. | Setiap bab pada modul dilengkapi paparan sub materi dan tujuan pembelajaran yang akan dicapai. | | | | |
| 5. | Materi modul sesuai dengan tujuan pembelajaran. | | | | |
| 6. | Tingkat kesulitan materi modul sesuai dengan taraf berfikir peserta didik pada umumnya. | | | | |
| 7. | Materi modul tidak mempersulit kegiatan belajar peserta didik. | | | | |
| 8. | Materi modul yang disajikan membuat peserta didik tertarik untuk belajar. | | | | |
| 9. | Materi modul yang disajikan tidak membosankan. | | | | |
| 10. | Materi modul yang disajikan membuat peserta didik tertantang untuk mempelajari dari bab ke bab. | | | | |
| 11. | Modul dapat membuat peserta didik aktif dalam belajar. | | | | |
| 12. | Dalam modul terdapat latihan soal yang sesuai dengan materi yang dipaparkan. | | | | |
| 13. | Materi disajikan secara sistematis dari pengetahuan yang paling dasar hingga yang lebih kompleks. | | | | |
| 14. | Materi dari bab ke bab disusun secara berkesinambungan | | | | |
| 15. | Materi dalam modul bersifat faktual. | | | | |
| 16. | Materi dalam modul mudah diingat. | | | | |
| 17. | Contoh-contoh yang diberikan dalam modul sesuai dengan pengalaman hidup sehari-hari peserta didik. | | | | |

Komentar/Saran:

.....

.....

.....

.....

.....

Kesimpulan

Modul Teknik Digital pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta ini dinyatakan:

- ☐ Layak digunakan sebagai sumber belajar tanpa revisi.
- ☐ Layak digunakan sebagai sumber belajar dengan revisi sesuai saran.
- ☐ Tidak layak digunakan sebagai sumber.

Yogyakarta,.....2014

Drs. Achmad Fatchi, M.Pd.

NIP. 19461104 197503 1 001

LEMBAR EVALUASI AHLI MEDIA

Standar Kompetensi : Menerapkan Dasar-Dasar Teknik Digital

Sasaran Program : Peserta didik SMK kelas X

Judul Penelitian : Pengembangan Modul Dasar-Dasar Teknik Digital pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital (DDTD) Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta

Pengembang : Muhammad Firda Husain

Dosen Pembimbing : Dessy Irmawati, M.T.

Evaluator :

Petunjuk pengisian:

1. Lembar evaluasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu sebagai Ahli Media tentang modul teknik digital pada mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital.
2. Pendapat, kritik, saran, penilaian, dan komentar Bapak/Ibu akan sangat bermanfaat untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas modul ini. Sehubungan dengan hal tersebut, Bapak/Ibu dimohon untuk memberikan pendapatnya pada setiap pernyataan yang tersedia dengan memberikan tanda (√) pada kolom yang tersedia sesuai dengan keyakinan Bapak/Ibu.

Keterangan:

| No. | Kriteria | Keterangan |
|-----|----------|---------------|
| 1. | SS | Sangat Setuju |
| 2. | S | Setuju |
| 3. | KS | Kurang Setuju |
| 4. | TS | Tidak Setuju |

Atas bantuan Bapak/Ibu, saya ucapkan terima kasih.

| No. | Pernyataan | SS | S | KS | TS |
|-----------------------------|--|----|---|----|----|
| Aspek Tampilan Modul | | | | | |
| 1. | Tata letak tampilan modul konsisten dari halaman satu ke halaman yang lain. | | | | |
| 2. | Modul menggunakan batas - batas pengetikan / margin yang konsisten. | | | | |
| 3. | Modul menggunakan format kertas vertikal dan menggunakan tampilan satu kolom. | | | | |
| 4. | Modul menggunakan tanda-tanda (<i>Icon</i>) yang mudah dipahami. | | | | |
| 5. | Penulisan pada modul dilengkapi dengan penggunaan kotak untuk memisahkan teks. | | | | |
| 6. | Modul menggunakan alur yang runtut dimulai dari judul, sub judul, materi, rangkuman, tugas, evaluasi, dan kunci jawaban. | | | | |
| 7. | Modul menggunakan kombinasi warna yang menarik. | | | | |
| 8. | Tulisan pada modul menggunakan cetak miring untuk istilah asing. | | | | |
| 9. | Tulisan pada modul menggunakan cetak tebal/warna untuk menekankan hal-hal yang penting. | | | | |
| 10. | Materi pada modul menggunakan gambar yang sesuai untuk mempermudah peserta didik dalam memahami materi. | | | | |
| 11. | Tulisan pada modul menggunakan ukuran huruf yang konsisten. | | | | |
| 12. | Tulisan pada modul menggunakan bentuk huruf yang mudah dibaca. | | | | |
| 13. | Modul menggunakan ruang kosong sekitar judul dan sub judul. | | | | |
| 14. | Modul menggunakan spasi (ruang) kosong untuk memberikan pembaca beristirahat. | | | | |

| No. | Pernyataan | SS | S | KS | TS |
|----------------------------------|--|----|---|----|----|
| Aspek Karakteristik Modul | | | | | |
| 15. | Modul dilengkapi dengan tujuan pembelajaran. | | | | |
| 16. | Materi yang ada pada modul dapat dipelajari secara tuntas. | | | | |
| 17. | Di dalam modul terdapat contoh untuk menunjang kejelasan materi. | | | | |
| 18. | Modul dilengkapi dengan soal latihan dan tugas. | | | | |
| 19. | Modul menggunakan bahasa yang mudah dipahami dan komunikatif. | | | | |
| 20. | Di dalam modul terdapat rangkuman materi pembelajaran. | | | | |
| 21. | Modul dilengkapi instrumen penilaian untuk peserta didik melakukan penilaian sendiri. | | | | |
| 22. | Modul dilengkapi dengan umpan balik atas penilaian peserta didik. | | | | |
| 23. | Materi dalam modul terdiri dari sub-sub kompetensi. | | | | |
| 24. | Materi pembelajaran dari satu unit kompetensi yang dipelajari peserta didik terdapat di dalam modul. | | | | |
| 25. | Modul mencakup materi dan tugas yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik. | | | | |
| 26. | Dalam mempelajari modul peserta didik tidak tergantung dengan media lain. | | | | |
| 27. | Materi yang ada pada modul sesuai dengan perkembangan teknologi. | | | | |
| 28. | Modul dapat digunakan sampai kurun waktu tertentu / lebih dari satu kali. | | | | |
| 29. | Modul tidak mempersulit belajar peserta didik. | | | | |
| 30. | Modul mudah digunakan oleh peserta didik. | | | | |

Komentar/Saran:

.....

.....

.....

.....

.....

Kesimpulan

Modul Teknik Digital pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta ini dinyatakan:

- ☐ Layak digunakan sebagai sumber belajar tanpa revisi.
- ☐ Layak digunakan sebagai sumber belajar dengan revisi sesuai saran.
- ☐ Tidak layak digunakan sebagai sumber belajar.

Yogyakarta,.....2014

Drs. Suparman, M.Pd.

NIP. 19491231 197803 1 004

LEMBAR EVALUASI GURU MATA PELAJARAN

Standar Kompetensi : Menerapkan Dasar-Dasar Teknik Digital

Sasaran Program : Peserta didik SMK kelas X

Judul Penelitian : Pengembangan Modul Dasar-Dasar Teknik Digital pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital (DDTD) Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta

Pengembang : Muhammad Firda Husain

Dosen Pembimbing : Dessy Irmawati, M.T.

Evaluator : Y.B. Sutarman, S.Pd.

Petunjuk pengisian:

1. Lembar evaluasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu sebagai Ahli Materi tentang modul teknik digital pada mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital.
2. Pendapat, kritik, saran, penilaian, dan komentar Bapak/Ibu akan sangat bermanfaat untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas modul ini. Sehubungan dengan hal tersebut, Bapak/Ibu dimohon untuk memberikan pendapatnya pada setiap pernyataan yang tersedia dengan memberikan tanda ($\sqrt{}$) pada kolom yang tersedia sesuai dengan keyakinan Bapak/Ibu.

Keterangan:

| No. | Kriteria | Keterangan |
|-----|----------|---------------|
| 1. | SS | Sangat Setuju |
| 2. | S | Setuju |
| 3. | KS | Kurang Setuju |
| 4. | TS | Tidak Setuju |

Atas bantuan Bapak/Ibu, saya ucapkan terima kasih.

| No. | Pernyataan | SS | S | KS | TS |
|------------------------------|---|----|---|----|----|
| Aspek Kualitas Materi | | | | | |
| 1. | Materi yang dimuat dalam modul sesuai dengan kurikulum yang digunakan. | | | | |
| 2. | Materi modul sesuai dengan kompetensi dasar Dasar-Dasar Teknik Digital di SMK Negeri 3 Yogyakarta. | | | | |
| 3. | Materi modul mampu mencapai indikator-indikator kompetensi dasar Dasar-Dasar Teknik Digital di SMK Negeri 3 Yogyakarta. | | | | |
| 4. | Setiap bab pada modul dilengkapi paparan sub materi dan tujuan pembelajaran yang akan dicapai. | | | | |
| 5. | Materi modul sesuai dengan tujuan pembelajaran. | | | | |
| 6. | Tingkat kesulitan materi modul sesuai dengan taraf berfikir peserta didik pada umumnya. | | | | |
| 7. | Materi modul mudah diterapkan oleh peserta didik. | | | | |
| 8. | Materi modul yang disajikan membuat peserta didik tertarik untuk belajar. | | | | |
| 9. | Materi modul yang disajikan tidak membosankan. | | | | |
| 10. | Materi modul yang disajikan membuat peserta didik tertantang untuk mempelajari dari bab ke bab. | | | | |
| 11. | Modul dapat membuat peserta didik aktif dalam belajar. | | | | |
| 12. | Dalam modul terdapat latihan soal yang sesuai dengan materi yang dipaparkan. | | | | |
| 13. | Materi disajikan secara sistematis dari pengetahuan yang paling dasar hingga yang lebih kompleks. | | | | |
| 14. | Materi dari bab ke bab disusun secara berkesinambungan | | | | |
| 15. | Materi dalam modul bersifat faktual. | | | | |
| 16. | Materi dalam modul mudah diingat. | | | | |
| 17. | Contoh-contoh yang diberikan dalam modul sesuai dengan pengalaman hidup sehari-hari peserta didik. | | | | |

| No. | Pernyataan | SS | S | KS | TS |
|-----------------------------|--|----|---|----|----|
| Aspek Tampilan Modul | | | | | |
| 18. | Tata letak tampilan modul konsisten dari halaman satu ke halaman yang lain. | | | | |
| 19. | Modul menggunakan batas - batas pengetikan / margin yang konsisten. | | | | |
| 20. | Modul menggunakan format kertas vertikal dan menggunakan tampilan satu kolom. | | | | |
| 21. | Modul menggunakan tanda-tanda (<i>Icon</i>) yang mudah dipahami. | | | | |
| 22. | Penulisan pada modul dilengkapi dengan penggunaan kotak untuk memisahkan teks. | | | | |
| 23. | Modul menggunakan alur yang runtut dimulai dari judul, sub judul, materi, rangkuman, tugas, evaluasi, dan kunci jawaban. | | | | |
| 24. | Modul menggunakan kombinasi warna yang menarik. | | | | |
| 25. | Tulisan pada modul menggunakan cetak miring untuk istilah asing. | | | | |
| 26. | Tulisan pada modul menggunakan cetak tebal/warna untuk menekankan hal-hal yang penting. | | | | |
| 27. | Materi pada modul menggunakan gambar yang sesuai untuk mempermudah peserta didik dalam memahami materi. | | | | |
| 28. | Tulisan pada modul menggunakan ukuran huruf yang konsisten. | | | | |
| 29. | Tulisan pada modul menggunakan bentuk huruf yang mudah dibaca. | | | | |
| 30. | Modul menggunakan ruang kosong sekitar judul dan sub judul. | | | | |
| 31. | Modul menggunakan spasi (ruang) kosong untuk memberikan pembaca beristirahat. | | | | |

| No. | Pernyataan | SS | S | KS | TS |
|----------------------------------|--|----|---|----|----|
| Aspek Karakteristik Modul | | | | | |
| 32. | Modul dilengkapi dengan tujuan pembelajaran. | | | | |
| 33. | Materi yang ada pada modul dapat dipelajari secara tuntas. | | | | |
| 34. | Di dalam modul terdapat contoh untuk menunjang kejelasan materi. | | | | |
| 35. | Modul dilengkapi dengan soal latihan dan tugas. | | | | |
| 36. | Modul menggunakan bahasa yang mudah dipahami dan komunikatif. | | | | |
| 37. | Di dalam modul terdapat rangkuman materi pembelajaran. | | | | |
| 38. | Modul dilengkapi instrumen penilaian untuk peserta didik melakukan penilaian sendiri. | | | | |
| 39. | Modul dilengkapi dengan umpan balik atas penilaian peserta didik. | | | | |
| 40. | Materi dalam modul terdiri dari sub-sub kompetensi. | | | | |
| 41. | Materi pembelajaran dari satu unit kompetensi yang dipelajari peserta didik terdapat di dalam modul. | | | | |
| 42. | Modul mencakup materi dan tugas yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik. | | | | |
| 43. | Dalam mempelajari modul peserta didik tidak tergantung dengan media lain. | | | | |
| 44. | Materi yang ada pada modul sesuai dengan perkembangan teknologi. | | | | |
| 45. | Modul dapat digunakan sampai kurun waktu tertentu / lebih dari satu kali. | | | | |
| 46. | Modul tidak mempersulit proses belajar peserta didik. | | | | |
| 47. | Modul mudah digunakan oleh peserta didik. | | | | |

| No. | Pernyataan | SS | S | KS | TS |
|----------------------------|---|----|---|----|----|
| Aspek Manfaat Modul | | | | | |
| 48. | Modul mampu membantu pendidik dalam penyampaian materi. | | | | |
| 49. | Peserta didik lebih mudah menerima materi pelajaran. | | | | |
| 50. | Modul membantu mengatasi keterbatasan indera pada proses belajar peserta didik. | | | | |
| 51. | Modul membantu proses belajar peserta didik di luar sekolah. | | | | |
| 52. | Modul mampu menimbulkan persepsi materi yang sama pada peserta didik. | | | | |
| 53. | Modul mampu menyamakan pemahaman peserta didik. | | | | |
| 54. | Materi yang disajikan runtut dari awal hingga akhir, sehingga kegiatan belajar peserta didik terarah dengan baik. | | | | |
| 55. | Peserta didik bisa menguasai materi secara tuntas. | | | | |
| 56. | Dengan modul peserta didik bisa mengulang-ulang materi yang telah dipelajari. | | | | |
| 57. | Peserta didik mampu mengukur hasil belajarnya sendiri. | | | | |

Komentar/Saran:

.....

.....

.....

.....

.....

Kesimpulan

Modul Teknik Digital pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta ini dinyatakan:

- ☐ Layak digunakan sebagai sumber belajar tanpa revisi.
- ☐ Layak digunakan sebagai sumber belajar dengan revisi sesuai saran.
- ☐ Tidak layak digunakan sebagai sumber.

Yogyakarta,.....2014

Y.B. Sutarman, S.Pd.

NIP. 19561030 198303 1 005

LEMBAR RESPON PESERTA DIDIK

Standar Kompetensi : Menerapkan Dasar-Dasar Teknik Digital

Sasaran Program : Peserta didik SMK kelas X

Judul Penelitian : Pengembangan Modul Dasar-Dasar Teknik Digital pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital (DDTD) Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta

Penyusun : Muhammad Firda Husain

Nama Peserta Didik :

.....

No. :

.....

Kelas :

.....

Petunjuk pengisian:

Peserta didik dimohon untuk memberikan pendapatnya pada setiap pernyataan yang tersedia dengan memberikan tanda (\checkmark) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian anda.

Contoh:

| No. | Pernyataan | SS | S | KS | TS |
|-----|--------------------------------------|--------------|--------------|----|----|
| 1. | Modul mudah dipahami | | \checkmark | | |
| 2. | Modul dapat memotivasi peserta didik | \checkmark | | | |

Keterangan:

| No. | Kriteria | Keterangan |
|-----|----------|---------------|
| 1. | SS | Sangat Setuju |
| 2. | S | Setuju |
| 3. | KS | Kurang Setuju |
| 4. | TS | Tidak Setuju |

Atas bantuannya, saya ucapkan terima kasih.

| No. | Pernyataan | SS | S | KS | TS |
|----------------------------------|--|----|---|----|----|
| Aspek Tampilan Modul | | | | | |
| 1. | Tata letak tampilan modul konsisten dari halaman satu ke halaman yang lain. | | | | |
| 2. | Modul menggunakan batas - batas pengetikan / margin yang konsisten. | | | | |
| 3. | Modul menggunakan format kertas vertikal dan menggunakan tampilan satu kolom. | | | | |
| 4. | Modul menggunakan tanda-tanda (<i>Icon</i>) yang mudah dipahami. | | | | |
| 5. | Penulisan pada modul dilengkapi dengan penggunaan kotak untuk memisahkan teks. | | | | |
| 6. | Modul menggunakan alur yang runtut dimulai dari judul, sub judul, materi, rangkuman, tugas, evaluasi, dan kunci jawaban. | | | | |
| 7. | Modul menggunakan kombinasi warna yang menarik. | | | | |
| 8. | Tulisan pada modul menggunakan cetak miring untuk istilah asing. | | | | |
| 9. | Tulisan pada modul menggunakan cetak tebal/warna untuk menekankan hal-hal yang penting. | | | | |
| 10. | Materi pada modul menggunakan gambar yang sesuai untuk mempermudah peserta didik dalam memahami materi. | | | | |
| 11. | Tulisan pada modul menggunakan ukuran huruf yang konsisten. | | | | |
| 12. | Tulisan pada modul menggunakan bentuk huruf yang mudah dibaca. | | | | |
| 13. | Modul menggunakan ruang kosong sekitar judul dan sub judul. | | | | |
| 14. | Modul menggunakan spasi (ruang) kosong untuk memberikan pembaca beristirahat. | | | | |
| Aspek Karakteristik Modul | | | | | |
| 15. | Modul dilengkapi dengan tujuan pembelajaran. | | | | |
| 16. | Materi yang ada pada modul dapat dipelajari secara tuntas. | | | | |
| 17. | Di dalam modul terdapat contoh untuk menunjang kejelasan materi. | | | | |
| 18. | Modul dilengkapi dengan soal latihan dan tugas. | | | | |

| No. | Pernyataan | SS | S | KS | TS |
|----------------------------|--|----|---|----|----|
| 19. | Modul menggunakan bahasa yang mudah dipahami dan komunikatif. | | | | |
| 20. | Di dalam modul terdapat rangkuman materi pembelajaran. | | | | |
| 21. | Modul dilengkapi instrumen penilaian untuk peserta didik melakukan penilaian sendiri. | | | | |
| 22. | Modul dilengkapi dengan umpan balik atas penilaian peserta didik. | | | | |
| 23. | Materi dalam modul terdiri dari sub-sub kompetensi. | | | | |
| 24. | Materi pembelajaran dari satu unit kompetensi yang dipelajari peserta didik terdapat di dalam modul. | | | | |
| 25. | Modul mencakup materi dan tugas yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik. | | | | |
| 26. | Dalam mempelajari modul peserta didik tidak tergantung dengan media lain. | | | | |
| 27. | Materi yang ada pada modul sesuai dengan perkembangan teknologi. | | | | |
| 28. | Modul dapat digunakan sampai kurun waktu tertentu / lebih dari satu kali. | | | | |
| 29. | Modul tidak mempersulit belajar peserta didik. | | | | |
| 30. | Modul mudah digunakan oleh peserta didik. | | | | |
| Aspek Manfaat Modul | | | | | |
| 31. | Materi modul yang disajikan membuat peserta didik tertarik untuk belajar. | | | | |
| 32. | Materi modul disajikan sesuai dengan pengalaman hidup sehari-hari peserta didik. | | | | |
| 33. | Modul mampu menambah wawasan peserta didik. | | | | |
| 34. | Modul mampu menambah pengetahuan peserta didik. | | | | |
| 35. | Modul mengurangi ketergantungan belajar peserta didik terhadap pendidik/ guru. | | | | |
| 36. | Modul bisa menjadi tambahan sumber belajar peserta didik . | | | | |
| 37. | Peserta didik lebih mudah menerima materi pelajaran. | | | | |

| No. | Pernyataan | SS | S | KS | TS |
|-----|--|----|---|----|----|
| 38. | Modul membantu proses belajar peserta didik di luar sekolah. | | | | |
| 39. | Peserta didik bisa mengulangi materi yang telah dipelajari. | | | | |
| 40. | Peserta didik mampu mengukur hasil belajarnya sendiri. | | | | |

Komentar/Saran:

.....

.....

.....

.....

.....

Kesimpulan

Modul Teknik Digital pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta ini dinyatakan:

☐

Layak digunakan sebagai sumber belajar.

☐

Tidak layak digunakan sebagai sumber belajar.

Yogyakarta,.....2014

.....

LAMPIRAN 4

Reliabilitas Instrumen Respon
Peserta Didik

Pengujian reliabilitas menggunakan rumus *Alpha* menurut Suharsimi

Arikunto (2010: 238) adalah:

$$r_{11} = \left(\frac{k}{k-1} \right) \times \left(1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_t^2} \right)$$

Keterangan:

- r_{11} = reliabilitas instrumen
 k = banyaknya butir pertanyaan
 $\sum \sigma_b^2$ = jumlah varians butir
 σ_t^2 = varians total

Didapatkan :

$k = 40$

$\text{Resp} = 32$

$X_{\text{Butir } n}$

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 98 | 102 | 100 | 103 | 100 | 109 | 109 | 112 | 112 | 109 |
| 103 | 113 | 100 | 103 | 111 | 102 | 111 | 108 | 105 | 109 |
| 103 | 102 | 102 | 103 | 105 | 87 | 103 | 108 | 100 | 105 |
| 105 | 97 | 113 | 118 | 85 | 108 | 103 | 109 | 103 | 100 |

$X_{\text{Butir } n}^2$

| | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 9604 | 10404 | 10000 | 10609 | 10000 | 11881 | 11881 | 12544 | 12544 | 11881 |
| 10609 | 12769 | 10000 | 10609 | 12321 | 10404 | 12321 | 11664 | 11025 | 11881 |
| 10609 | 10404 | 10404 | 10609 | 11025 | 7569 | 10609 | 11664 | 10000 | 11025 |
| 11025 | 9409 | 12769 | 13924 | 7225 | 11664 | 10609 | 11881 | 10609 | 10000 |

$\Sigma(X_{\text{butir } n}^2)$

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 306 | 330 | 316 | 339 | 318 | 379 | 383 | 400 | 402 | 381 |
| 339 | 409 | 316 | 339 | 393 | 330 | 393 | 372 | 355 | 379 |
| 337 | 332 | 332 | 337 | 351 | 251 | 337 | 372 | 322 | 353 |
| 351 | 301 | 407 | 442 | 237 | 372 | 337 | 379 | 339 | 318 |

$$\text{Varian butir } (\sigma_b^2) = \frac{\sum X_{\text{Butir } n}^2 - \left(\frac{(\sum X_{\text{Butir } n})^2}{\text{Resp}} \right)}{\text{Resp}}$$

| | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Varian 0,18 | 0,15 | 0,11 | 0,23 | 0,17 | 0,24 | 0,37 | 0,25 | 0,31 | 0,30 |
| 0,23 | 0,31 | 0,11 | 0,23 | 0,25 | 0,15 | 0,25 | 0,23 | 0,33 | 0,24 |
| 0,17 | 0,21 | 0,21 | 0,17 | 0,20 | 0,45 | 0,17 | 0,23 | 0,30 | 0,26 |
| 0,20 | 0,22 | 0,25 | 0,21 | 0,35 | 0,23 | 0,17 | 0,24 | 0,23 | 0,17 |

Jumlah varian butir $\sum \sigma_b^2 = 9,34$

$X_{\text{Resp } n}$

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 130 | 124 | 123 | 119 | 136 | 129 | 134 | 128 | 153 | 133 |
| 130 | 120 | 130 | 130 | 128 | 120 | 129 | 130 | 138 | 128 |
| 130 | 144 | 130 | 128 | 151 | 130 | 125 | 135 | 119 | 127 |
| 143 | 124 | | | | | | | | |

$\sum X_{\text{Resp } n} = 4178$

$X_{\text{Resp } n}^2$

| | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 16900 | 15376 | 15129 | 14161 | 18496 | 16641 | 17956 | 16384 | 23409 | 17689 |
| 16900 | 14400 | 16900 | 16900 | 16384 | 14400 | 16641 | 16900 | 19044 | 16384 |
| 16900 | 20736 | 16900 | 16384 | 22801 | 16900 | 15625 | 18225 | 14161 | 16129 |
| 20449 | 15376 | | | | | | | | |

$\sum X_{\text{Resp } n}^2 = 547580$

$$\text{Varian total } (\sigma_t^2) = \frac{\sum X_{\text{Resp } n}^2 - \left(\frac{(\sum X_{\text{Resp } n})^2}{\text{Resp}} \right)}{\text{Resp}}$$

$$= \frac{547580 - \left(\frac{4178^2}{32} \right)}{32}$$

$$\sigma_t^2 = 65,31$$

Sehingga;

$$\begin{aligned} r_{11} &= \left(\frac{k}{k-1} \right) \times \left(1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_t^2} \right) \\ &= \left(\frac{40}{40-1} \right) \times \left(1 - \frac{9,34}{65,31} \right) \\ &= 0,8789 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan r_{11} dengan menggunakan rumus diatas kemudian diinterpretasikan dengan tingkat keadaan koefisien:

Tabel 7. Interpretasi Tingkat Keadaan Koefisien

| Hasil perhitungan r_{11} | Tingkat keadaan koefisien |
|--------------------------------|---------------------------|
| $0,800 \leq r_{11} \leq 1,000$ | sangat tinggi |
| $0,600 \leq r_{11} \leq 0,799$ | tinggi |
| $0,400 \leq r_{11} \leq 0,599$ | cukup |
| $0,200 \leq r_{11} \leq 0,399$ | rendah |
| $0,000 \leq r_{11} \leq 0,199$ | sangat rendah |

Dari tabel, didapatkan bahwa instrumen memiliki tingkat reliabilitas yang sangat tinggi, sehingga layak digunakan untuk pengumpulan data penelitian.

LAMPIRAN 5

Rekapitulasi Hasil Penilaian

REKAPITULASI HASIL PENILAIAN MODUL OLEH DOSEN AHLI DAN GURU MATA PELAJARAN

1. Aspek Kualitas Materi

| No. | Indikator Penilaian | Skor | | | Jumlah Skor tiap Butir | Skor Rata-rata Butir |
|-----|---|----------------|--------|---------|------------------------------|----------------------------|
| | | Ahli Materi | Guru I | Guru II | | |
| 1. | Relevansi materi modul dengan silabus mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital di SMK Negeri 3 Yogyakarta. | 4 | 3 | 3 | 10 | 3,33 |
| 2. | Relevansi materi modul terhadap kompetensi dasar. | 4 | 3 | 3 | 10 | 3,33 |
| 3. | Relevansi materi modul dengan indikator kompetensi dasar. | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 |
| 4. | Relevansi materi dan tujuan pada modul. | 4 | 3 | 3 | 10 | 3,33 |
| 5. | Relevansi modul terhadap tujuan pembelajaran. | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 |
| 6. | Tingkat kesulitan materi modul sesuai dengan taraf berfikir peserta didik. | 2 | 3 | 3 | 8 | 2,67 |
| 7. | Kemudahan penggunaan saat kegiatan belajar | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 |
| 8. | Modul membuat peserta didik tertarik untuk belajar. | 3 | 4 | 4 | 11 | 3,67 |
| 9. | Modul yang disajikan tidak membosankan. | 3 | 4 | 4 | 11 | 3,67 |
| 10. | Modul yang disajikan membuat peserta didik tertantang untuk mempelajari dari bab ke bab. | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 |
| 11. | Modul membuat peserta didik aktif dalam belajar. | 3 | 4 | 3 | 10 | 3,33 |
| 12. | Modul dilengkapi latihan soal | 3 | 3 | 4 | 10 | 3,33 |
| 13. | Materi disajikan secara sistematis dari pengetahuan yang paling dasar hingga yang lebih kompleks | 3 | 3 | 4 | 10 | 3,33 |
| 14. | Materi dari bab ke bab disusun secara berkesinambungan | 3 | 4 | 4 | 11 | 3,67 |
| 15. | Materi pada modul bersifat faktual | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 |
| 16. | Materi pada modul mudah diingat. | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 |

| No. | Indikator Penilaian | Skor | | | Jumlah Skor tiap Butir | Skor Rata-rata Butir |
|--------------------------|---|-------------|--------|---------|------------------------|----------------------|
| | | Ahli Materi | Guru I | Guru II | | |
| 17. | Contoh-contoh yang diberikan dalam modul sesuai dengan pengalaman hidup sehari-hari peserta didik | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 |
| Jumlah Skor Penilaian | | 54 | 56 | 57 | 167 | 55, 67 |
| Rata-rata Skor Penilaian | | 3,18 | 3,29 | 3,35 | | |

2. Aspek Tampilan Modul

| No. | Indikator Penilaian | Skor | | | Jumlah Skor tiap Butir | Skor Rata-rata Butir |
|-----|--|------------|--------|---------|------------------------|----------------------|
| | | Ahli Media | Guru I | Guru II | | |
| 1. | Konsistensi tampilan modul dari halaman satu ke halaman yang lain. | 4 | 3 | 4 | 11 | 3, 67 |
| 2. | Konsistensi batas - batas pengetikan / margin. | 3 | 4 | 4 | 11 | 3, 67 |
| 3. | Penggunaan format kertas vertikal dan tampilan satu kolom. | 2 | 4 | 3 | 9 | 3 |
| 4. | Modul menggunakan tanda-tanda (Icon) yang mudah dipahami. | 3 | 4 | 3 | 10 | 3, 33 |
| 5. | Penulisan pada modul dilengkapi dengan penggunaan kotak untuk memisahkan teks. | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 |
| 6. | Modul menggunakan alur yang runtut dimulai dari judul, sub judul, materi, rangkuman, tugas, evaluasi, dan kunci jawaban. | 4 | 3 | 4 | 11 | 3, 67 |
| 7. | Modul menggunakan kombinasi warna yang menarik. | 3 | 4 | 4 | 11 | 3, 67 |
| 8. | Tulisan pada modul menggunakan cetak miring untuk istilah asing. | 3 | 3 | 4 | 10 | 3, 33 |
| 9. | Tulisan pada modul menggunakan cetak tebal/warna untuk menekankan hal-hal yang penting. | 4 | 4 | 4 | 12 | 4 |
| 10. | Materi pada modul menggunakan gambar yang sesuai untuk mempermudah peserta didik dalam memahami materi. | 3 | 3 | 4 | 10 | 3,33 |
| 11. | Tulisan pada modul menggunakan ukuran huruf yang konsisten. | 3 | 3 | 4 | 10 | 3,33 |
| 12. | Tulisan pada modul menggunakan bentuk huruf yang mudah dibaca. | 4 | 3 | 4 | 11 | 3, 67 |

| No. | Indikator Penilaian | Skor | | | Jumlah Skor tiap Butir | Skor Rata-rata Butir |
|--------------------------|---|------------|--------|---------|------------------------|----------------------|
| | | Ahli Media | Guru I | Guru II | | |
| 13. | Modul menggunakan ruang kosong sekitar judul dan sub judul. | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 |
| 14. | Modul menggunakan spasi (ruang) kosong untuk memberikan pembaca beristirahat. | 3 | 4 | 3 | 10 | 3,33 |
| Jumlah Skor Penilaian | | 45 | 48 | 51 | 144 | 48 |
| Rata-rata Skor Penilaian | | 3,21 | 3,43 | 3,64 | | |

3. Aspek Karakteristik Modul

| No. | Indikator Penilaian | Skor | | | Jumlah Skor tiap Butir | Skor Rata-rata Butir |
|-----|--|------------|--------|---------|------------------------|----------------------|
| | | Ahli Media | Guru I | Guru II | | |
| 1. | Modul dilengkapi dengan tujuan pembelajaran. | 4 | 4 | 3 | 11 | 3,67 |
| 2. | Materi yang ada pada modul dapat dipelajari secara tuntas. | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 |
| 3. | Di dalam modul terdapat contoh untuk menunjang kejelasan materi. | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 |
| 4. | Modul dilengkapi dengan soal latihan dan tugas. | 4 | 4 | 3 | 11 | 3,67 |
| 5. | Modul menggunakan bahasa yang mudah dipahami dan komunikatif. | 3 | 4 | 3 | 10 | 3,33 |
| 6. | Di dalam modul terdapat rangkuman materi pembelajaran. | 3 | 4 | 4 | 11 | 3,67 |
| 7. | Modul dilengkapi instrumen penilaian untuk peserta didik melakukan penilaian sendiri. | 3 | 3 | 4 | 10 | 3,33 |
| 8. | Modul dilengkapi dengan umpan balik atas penilaian peserta didik. | 4 | 3 | 3 | 10 | 3,33 |
| 9. | Materi dalam modul terdiri dari sub-sub kompetensi. | 3 | 4 | 3 | 10 | 3,33 |
| 10. | Materi pembelajaran dari satu unit kompetensi yang dipelajari peserta didik terdapat di dalam modul. | 4 | 3 | 3 | 10 | 3,33 |
| 11. | Modul mencakup materi dan tugas yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik. | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 |
| 12. | Dalam mempelajari modul peserta didik tidak tergantung dengan media lain. | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 |

| No. | Indikator Penilaian | Skor | | | Jumlah Skor tiap Butir | Skor Rata-rata Butir |
|--------------------------|---|------------|--------|---------|------------------------|----------------------|
| | | Ahli Media | Guru I | Guru II | | |
| 13. | Materi yang ada pada modul sesuai dengan perkembangan teknologi. | 3 | 3 | 4 | 10 | 3,33 |
| 14. | Modul dapat digunakan sampai kurun waktu tertentu / lebih dari satu kali. | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 |
| 15. | Modul tidak mempersulit belajar peserta didik. | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 |
| 16. | Modul mudah digunakan oleh peserta didik. | 3 | 3 | 4 | 10 | 3,33 |
| Jumlah Skor Penilaian | | 52 | 53 | 52 | 157 | 52,33 |
| Rata-rata Skor Penilaian | | 3,25 | 3,31 | 3,25 | | |

4. Aspek Manfaat Modul

| No. | Indikator Penilaian | Skor | | Jumlah Skor tiap Butir | Skor Rata-rata Butir |
|-----|---|--------|---------|------------------------|----------------------|
| | | Guru I | Guru II | | |
| 1. | Modul mampu membantu pendidik dalam penyampaian materi. | 4 | 4 | 8 | 4 |
| 2. | Peserta didik lebih mudah menerima materi pelajaran. | 3 | 3 | 6 | 3 |
| 3. | Modul membantu mengatasi keterbatasan indera pada proses belajar peserta didik. | 3 | 4 | 7 | 3,5 |
| 4. | Modul membantu proses belajar peserta didik di luar sekolah. | 4 | 4 | 8 | 4 |
| 5. | Modul mampu menimbulkan persepsi materi yang sama pada peserta didik. | 3 | 4 | 7 | 3,5 |
| 6. | Modul mampu menyamakan pemahaman peserta didik. | 3 | 4 | 7 | 3,5 |
| 7. | Materi yang disajikan runtut dari awal hingga akhir, sehingga kegiatan belajar peserta didik terarah dengan baik. | 3 | 3 | 6 | 3 |
| 8. | Peserta didik bisa menguasai materi secara tuntas. | 3 | 4 | 7 | 3,5 |
| 9. | Dengan modul peserta didik bisa mengulang-ulang materi yang telah dipelajari. | 4 | 3 | 7 | 3,5 |

| No. | Indikator Penilaian | Skor | | Jumlah Skor tiap Butir | Skor Rata-rata Butir |
|--------------------------|--|--------|---------|------------------------------|----------------------------|
| | | Guru I | Guru II | | |
| 10. | Peserta didik mampu mengukur hasil belajarnya sendiri. | 3 | 4 | 7 | 3,5 |
| Jumlah Skor Penilaian | | 33 | 37 | 70 | 35 |
| Rata-rata Skor Penilaian | | 3,3 | 3,7 | | |

REKAPITULASI RESPON MODUL OLEH PESERTA DIDIK

1. Respon Peserta Didik X AV1 dan X AV2

| No. | Indikator Penilaian | X AV 1 | | X AV 2 | |
|-----|--|-------------|-----------------|-------------|-----------------|
| | | Jumlah Skor | Rata-rata Butir | Jumlah Skor | Rata-rata Butir |
| 1. | Tata letak tampilan modul konsisten dari halaman satu ke halaman yang lain. | 98 | 3,06 | 110 | 3,44 |
| 2. | Modul menggunakan batas - batas pengetikan / margin yang konsisten. | 102 | 3,19 | 105 | 3,28 |
| 3. | Modul menggunakan format kertas vertikal dan menggunakan tampilan satu kolom. | 100 | 3,13 | 101 | 3,16 |
| 4. | Modul menggunakan tanda-tanda (<i>Icon</i>) yang mudah dipahami. | 103 | 3,22 | 114 | 3,56 |
| 5. | Penulisan pada modul dilengkapi dengan penggunaan kotak untuk memisahkan teks. | 100 | 3,13 | 112 | 3,50 |
| 6. | Modul menggunakan alur yang runtut dimulai dari judul, sub judul, materi, rangkuman, tugas, evaluasi, dan kunci jawaban. | 109 | 3,41 | 121 | 3,78 |
| 7. | Modul menggunakan kombinasi warna yang menarik. | 109 | 3,41 | 123 | 3,84 |
| 8. | Tulisan pada modul menggunakan cetak miring untuk istilah asing. | 112 | 3,50 | 114 | 3,56 |
| 9. | Tulisan pada modul menggunakan cetak tebal/warna untuk menekankan hal-hal yang penting. | 112 | 3,50 | 114 | 3,56 |
| 10. | Materi pada modul menggunakan gambar yang sesuai untuk mempermudah peserta didik dalam memahami materi. | 109 | 3,41 | 110 | 3,44 |
| 11. | Tulisan pada modul menggunakan ukuran huruf yang konsisten. | 103 | 3,22 | 112 | 3,50 |
| 12. | Tulisan pada modul menggunakan bentuk huruf yang mudah dibaca. | 113 | 3,53 | 112 | 3,50 |

| No. | Indikator Penilaian | X AV 1 | | X AV 2 | |
|-----|--|-------------|-----------------|-------------|-----------------|
| | | Jumlah Skor | Rata-rata Butir | Jumlah Skor | Rata-rata Butir |
| 13. | Modul menggunakan ruang kosong sekitar judul dan sub judul. | 100 | 3,13 | 103 | 3,22 |
| 14. | Modul menggunakan spasi (ruang) kosong untuk memberikan pembaca beristirahat. | 103 | 3,22 | 101 | 3,16 |
| 15. | Modul dilengkapi dengan tujuan pembelajaran. | 111 | 3,47 | 121 | 3,78 |
| 16. | Materi yang ada pada modul dapat dipelajari secara tuntas. | 102 | 3,19 | 103 | 3,22 |
| 17. | Di dalam modul terdapat contoh untuk menunjang kejelasan materi. | 111 | 3,47 | 112 | 3,50 |
| 18. | Modul dilengkapi dengan soal latihan dan tugas. | 108 | 3,38 | 123 | 3,84 |
| 19. | Modul menggunakan bahasa yang mudah dipahami dan komunikatif. | 105 | 3,28 | 105 | 3,28 |
| 20. | Di dalam modul terdapat rangkuman materi pembelajaran. | 109 | 3,41 | 110 | 3,44 |
| 21. | Modul dilengkapi instrumen penilaian untuk peserta didik melakukan penilaian sendiri. | 103 | 3,22 | 101 | 3,16 |
| 22. | Modul dilengkapi dengan umpan balik atas penilaian peserta didik. | 102 | 3,19 | 103 | 3,22 |
| 23. | Materi dalam modul terdiri dari sub-sub kompetensi. | 102 | 3,19 | 105 | 3,28 |
| 24. | Materi pembelajaran dari satu unit kompetensi yang dipelajari peserta didik terdapat di dalam modul. | 103 | 3,22 | 110 | 3,44 |
| 25. | Modul mencakup materi dan tugas yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik. | 105 | 3,28 | 110 | 3,44 |
| 26. | Dalam mempelajari modul peserta didik tidak tergantung dengan media lain. | 87 | 2,72 | 96 | 3,00 |
| 27. | Materi yang ada pada modul sesuai dengan perkembangan teknologi. | 103 | 3,22 | 105 | 3,28 |

| No. | Indikator Penilaian | X AV 1 | | X AV 2 | |
|------------------|--|-------------|-----------------|-------------|-----------------|
| | | Jumlah Skor | Rata-rata Butir | Jumlah Skor | Rata-rata Butir |
| 28. | Modul dapat digunakan sampai kurun waktu tertentu / lebih dari satu kali. | 108 | 3,38 | 114 | 3,56 |
| 29. | Modul tidak mempersulit belajar peserta didik. | 100 | 3,13 | 103 | 3,22 |
| 30. | Modul mudah digunakan oleh peserta didik. | 105 | 3,28 | 105 | 3,28 |
| 31. | Materi modul yang disajikan membuat peserta didik tertarik untuk belajar. | 105 | 3,28 | 117 | 3,66 |
| 32. | Materi modul disajikan sesuai dengan pengalaman hidup sehari-hari peserta didik. | 97 | 3,03 | 107 | 3,34 |
| 33. | Modul mampu menambah wawasan peserta didik. | 113 | 3,53 | 114 | 3,56 |
| 34. | Modul mampu menambah pengetahuan peserta didik. | 118 | 3,69 | 119 | 3,72 |
| 35. | Modul mengurangi ketergantungan belajar peserta didik terhadap pendidik/ guru. | 85 | 2,66 | 100 | 3,13 |
| 36. | Modul bisa menjadi tambahan sumber belajar peserta didik . | 108 | 3,38 | 119 | 3,72 |
| 37. | Peserta didik lebih mudah menerima materi pelajaran. | 103 | 3,22 | 114 | 3,56 |
| 38. | Modul membantu proses belajar peserta didik di luar sekolah. | 109 | 3,41 | 110 | 3,44 |
| 39. | Peserta didik bisa mengulangi materi yang telah dipelajari. | 103 | 3,22 | 105 | 3,28 |
| 40. | Peserta didik mampu mengukur hasil belajarnya sendiri. | 97 | 3,03 | 105 | 3,28 |
| Jumlah Penilaian | | 4175 | 130,47 | 4388 | 137,13 |

REKAPITULASI KONVERSI SKOR MENAJDI KATEGORI

A. Penilaian Dosen Ahli dan Guru Mata Pelajaran

1. Aspek Kualitas Materi

| | Jumlah Skor | | |
|---------|-------------|--------|---------|
| Penilai | Ahli Materi | Guru I | Guru II |
| Skor | 54 | 56 | 57 |
| Jumlah | 167 | | |
| Rerata | 55,67 | | |

Diketahui :

Rerata aspek kualitas materi (\bar{X}) = 55,67

Butir kriteria aspek kualitas materi = 17

Skor tertinggi = 4

Skor terendah = 1

Maka :

Skor maksimal ideal = \sum butir kriteria x skor tertinggi = $17 \times 4 = 68$

Skor minimal ideal = \sum butir kriteria x skor terendah = $17 \times 1 = 17$

\bar{X} = $(\frac{1}{2})$ (skor maksimal ideal + skor minimal ideal) = 42,5

SBx = $(\frac{1}{6})$ (skor maksimal ideal - skor minimal ideal) = 8,5

$(\bar{X} + 1.SBx)$ = $42,5 + 8,5 = 51$

$(\bar{X} - 1.SBx)$ = $42,5 - 8,5 = 34$

Sehingga dapat dibuat tabel konversi skor ke kategori sebagai berikut:

| Interval Skor | | Kategori |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|
| $X \geq (\bar{X} + 1.SBx)$ | $X \geq 51$ | Sangat layak |
| $(\bar{X} + 1.SBx) > X \geq \bar{X}$ | $51 > X \geq 42,5$ | Layak |
| $\bar{X} > X \geq (\bar{X} - 1.SBx)$ | $42,5 > X \geq 34$ | Tidak layak |
| $X < (\bar{X} - 1.SBx)$ | $X < 34$ | Sangat tidak layak |

Rerata skor untuk aspek kualitas materi sebesar **55,67** berada pada rentang skor **$X \geq 51$** . Jadi, aspek kualitas materi untuk modul Dasar-Dasar Teknik Digital termasuk ke dalam kategori **sangat layak**.

2. Aspek Tampilan Modul

| | Jumlah Skor | | |
|---------------|-------------|--------|---------|
| Penilai | Ahli Media | Guru I | Guru II |
| Skor | 45 | 48 | 51 |
| Jumlah | 144 | | |
| Rerata | 48 | | |

Diketahui :

Rerata aspek tampilan modul (\bar{X}) = 48

Butir kriteria aspek tampilan modul = 14

Skor tertinggi = 4

Skor terendah = 1

Maka :

Skor maksimal ideal = \sum butir kriteria x skor tertinggi = $14 \times 4 = 56$

Skor minimal ideal = \sum butir kriteria x skor terendah = $14 \times 1 = 14$

\bar{X} = $(\frac{1}{2})$ (skor maksimal ideal + skor minimal ideal) = 35

SBx = $(\frac{1}{6})$ (skor maksimal ideal - skor minimal ideal) = 7

$(\bar{X} + 1.SBx)$ = $35 + 7 = 42$

$(\bar{X} - 1.SBx)$ = $35 - 7 = 28$

Sehingga dapat dibuat tabel konversi skor ke kategori sebagai berikut:

| Interval Skor | | Kategori |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|
| $X \geq (\bar{X} + 1.SBx)$ | $X \geq 42$ | Sangat layak |
| $(\bar{X} + 1.SBx) > X \geq \bar{X}$ | $42 > X \geq 35$ | Layak |
| $\bar{X} > X \geq (\bar{X} - 1.SBx)$ | $35 > X \geq 28$ | Tidak layak |
| $X < (\bar{X} - 1.SBx)$ | $X < 28$ | Sangat tidak layak |

Rerata skor untuk aspek tampilan modul sebesar **48** berada pada rentang skor **$X \geq 42$** . Jadi, aspek tampilan modul untuk modul Dasar-Dasar Teknik Digital termasuk ke dalam kategori **sangat layak**.

3. Aspek Karakteristik Modul

| | Jumlah Skor | | |
|---------------|--------------|--------|---------|
| Penilai | Ahli Media | Guru I | Guru II |
| Skor | 52 | 53 | 52 |
| Jumlah | 157 | | |
| Rerata | 52,33 | | |

Diketahui :

Rerata aspek karakteristik modul (\bar{X}) = 52,33

Butir kriteria aspek karakteristik modul = 16

Skor tertinggi = 4

Skor terendah = 1

Maka :

Skor maksimal ideal = \sum butir kriteria x skor tertinggi = $16 \times 4 = 64$

Skor minimal ideal = \sum butir kriteria x skor terendah = $16 \times 1 = 16$

$\bar{X} = (\frac{1}{2})$ (skor maksimal ideal + skor minimal ideal) = 40

$SBx = (\frac{1}{6})$ (skor maksimal ideal - skor minimal ideal) = 8

$(\bar{X} + 1.SBx) = 40 + 8 = 48$

$(\bar{X} - 1.SBx) = 40 - 8 = 32$

Sehingga dapat dibuat tabel konversi skor ke kategori sebagai berikut:

| Interval Skor | | Kategori |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|
| $X \geq (\bar{X} + 1.SBx)$ | $X \geq 48$ | Sangat layak |
| $(\bar{X} + 1.SBx) > X \geq \bar{X}$ | $48 > X \geq 40$ | Layak |
| $\bar{X} > X \geq (\bar{X} - 1.SBx)$ | $40 > X \geq 32$ | Tidak layak |
| $X < (\bar{X} - 1.SBx)$ | $X < 32$ | Sangat tidak layak |

Rerata skor untuk aspek karakteristik modul sebesar **52,33** berada pada rentang skor **$X \geq 48$** . Jadi, aspek karakteristik modul untuk modul Dasar-Dasar Teknik Digital termasuk ke dalam kategori **sangat layak**.

4. Aspek Manfaat Modul

| | Jumlah Skor | |
|---------------|-------------|---------|
| Penilai | Guru I | Guru II |
| Skor | 33 | 37 |
| Jumlah | 70 | |
| Rerata | 35 | |

Diketahui :

Rerata aspek manfaat modul (X) = 35

Butir kriteria aspek kualitas materi = 10

Skor tertinggi = 4

Skor terendah = 1

Maka :

Skor maksimal ideal = \sum butir kriteria x skor tertinggi = $10 \times 4 = 40$

Skor minimal ideal = \sum butir kriteria x skor terendah = $10 \times 1 = 10$

$\bar{X} = (\frac{1}{2})$ (skor maksimal ideal + skor minimal ideal) = 25

$SBx = (\frac{1}{6})$ (skor maksimal ideal - skor minimal ideal) = 5

$(\bar{X} + 1.SBx) = 25 + 5 = 30$

$(\bar{X} - 1.SBx) = 25 - 5 = 20$

Sehingga dapat dibuat tabel konversi skor ke kategori sebagai berikut:

| Interval Skor | | Kategori |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|
| $X \geq (\bar{X} + 1.SBx)$ | $X \geq 30$ | Sangat layak |
| $(\bar{X} + 1.SBx) > X \geq \bar{X}$ | $30 > X \geq 25$ | Layak |
| $\bar{X} > X \geq (\bar{X} - 1.SBx)$ | $25 > X \geq 20$ | Tidak layak |
| $X < (\bar{X} - 1.SBx)$ | $X < 20$ | Sangat tidak layak |

Rerata skor untuk aspek manfaat modul sebesar **35** berada pada rentang skor **$X \geq 30$** . Jadi, aspek manfaat modul untuk modul Dasar-Dasar Teknik Digital termasuk ke dalam kategori **sangat layak**.

B. Respon Peserta Didik

| Respon | Jumlah Skor | |
|---------------|---------------|---------------|
| | X AV1 | X AV2 |
| Jumlah Skor | 4175 | 4388 |
| Rerata | 130,47 | 137,13 |

Diketahui :

Rerata respon peserta didik X AV1 (X_{AV1}) = 130,47

Rerata respon peserta didik X AV2 (X_{AV2}) = 137,13

Butir respon peserta didik = 40

Skor tertinggi = 4

Skor terendah = 1

Maka :

Skor maksimal ideal = \sum butir kriteria x skor tertinggi = $40 \times 4 = 160$

Skor minimal ideal = \sum butir kriteria x skor terendah = $40 \times 1 = 40$

$\bar{X} = (\frac{1}{2})$ (skor maksimal ideal + skor minimal ideal) = 100

$SBx = (\frac{1}{6})$ (skor maksimal ideal - skor minimal ideal) = 20

$(\bar{X} + 1.SBx) = 100 + 20 = 120$

$(\bar{X} - 1.SBx) = 100 - 20 = 80$

Sehingga dapat dibuat tabel konversi skor ke kategori sebagai berikut:

| Interval Skor | | Kategori |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|
| $X \geq (\bar{X} + 1.SBx)$ | $X \geq 120$ | Sangat layak |
| $(\bar{X} + 1.SBx) > X \geq \bar{X}$ | $120 > X \geq 100$ | Layak |
| $\bar{X} > X \geq (\bar{X} - 1.SBx)$ | $100 > X \geq 80$ | Tidak layak |
| $X < (\bar{X} - 1.SBx)$ | $X < 80$ | Sangat tidak layak |

Rerata skor untuk respon peserta didik kelas X AV1 sebesar **130,47** dan kelas X AV2 sebesar **137,13**; keduanya berada pada rentang skor **$X \geq 120$** . Jadi, respon peserta didik terhadap modul Dasar-Dasar Teknik Digital termasuk ke dalam kategori **sangat layak**.

LAMPIRAN 6

Dokumentasi Penelitian





LAMPIRAN 7

Surat-Surat Penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK



Alamat : Kampus Karangmalang, Yogyakarta, 55281

Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 (0274) 586734 Fax. (0274) 586734

Certificate No. QSC 00542

website : <http://ft.uny.ac.id> e-mail: ft@uny.ac.id ; teknik@uny.ac.id

Nomor : 1321/H34/PL/2014

28 April 2014

Lamp. :

Hal : Ijin Penelitian

Yth.

- 1 . Gubernur DIY c.q. Ka. Biro Adm. Pembangunan Setda DIY
- 2 . Gubernur Provinsi DIY c.q. Ka. Bappeda Provinsi DIY
- 3 . Walikota Kota Yogyakarta c.q. Kepala Badan Pelayanan Terpadu Kota Yogyakarta
- 4 . Kepala Dinas Pendidikan, Pemuda , dan Olahraga Provinsi DIY
- 5 . Kepala Dinas Pendidikan, Pemuda , dan Olahraga Kota Yogyakarta
- 6 . Kepala SMK Negeri 3 Yogyakarta

Dalam rangka pelaksanaan Tugas Akhir Skripsi kami mohon dengan hormat bantuan Saudara memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian dengan judul Pengembangan Modeul Dasar-Dasar Teknik Digital pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital (DDTD) Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta, bagi mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta tersebut di bawah ini:

| No. | Nama | NIM | Jurusan | Lokasi |
|-----|----------------|------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1 | M Firda Husain | 9502241002 | Pend. Teknik Elektronika - S1 | SMK Negeri 3 Yogyakarta |

Dosen Pembimbing/Dosen Pengampu :

Nama : Dessy Irmawati, M.T.

NIP : 19791214 201012 2 002

Adapun pelaksanaan penelitian dilakukan mulai 30 April 2014 s/d selesai.

Demikian permohonan ini, atas bantuan dan kerjasama yang baik selama ini, kami mengucapkan terima kasih.



Sunaryo Soenarto

NIP. 19580630 198601 1 001

Tembusan :

Ketua Jurusan



PEMERINTAH KOTA YOGYAKARTA

DINAS PERIZINAN

Jl. Kenari No. 56 Yogyakarta Kode Pos : 55165 Telp. (0274) 555241, 515865, 515866, 562682

Fax (0274) 555241

EMAIL : perizinan@jogjakota.go.id

HOT LINE SMS : 081227625000 HOT LINE EMAIL : upik@jogjakota.go.id

WEBSITE : www.perizinan.jogjakota.go.id

SURAT IZIN

NOMOR : 070/1535
2824/34

- Dasar : Surat izin / Rekomendasi dari Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta
Nomor : 070/REG/V/753/4/2014 Tanggal : 29/04/2014
- Mengingat : 1. Peraturan Daerah Kota Yogyakarta Nomor 10 Tahun 2008 tentang Pembentukan, Susunan, Kedudukan dan Tugas Pokok Dinas Daerah
2. Peraturan Walikota Yogyakarta Nomor 85 Tahun 2008 tentang Fungsi, Rincian Tugas Dinas Perizinan Kota Yogyakarta;
3. Peraturan Walikota Yogyakarta Nomor 29 Tahun 2007 tentang Pemberian Izin Penelitian, Praktek Kerja Lapangan dan Kuliah Kerja Nyata di Wilayah Kota Yogyakarta;
4. Peraturan Walikota Yogyakarta Nomor 18 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Perizinan pada Pemerintah Kota Yogyakarta;
5. Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor: 18 Tahun 2009 tentang Pedoman Pelayanan Perizinan, Rekomendasi Pelaksanaan Survei, Penelitian, Pendataan, Pengembangan, Pengembangan, Pengkajian dan Studi Lapangan di Daerah Istimewa Yogyakarta;

Dijijinkan Kepada : Nama : MUHAMMAD FIRDA HUSAIN NO MHS / NIM : 09502241002
Pekerjaan : Mahasiswa Fak Teknik - UNY
Alamat : Kampus Karangmalang, Yogyakarta
Penanggungjawab : Dessy Irmawati, M.T.
Keperluan : Melakukan Penelitian dengan judul Proposal : PENGEMBANGAN MODUL DASAR-DASAR TEKNIK DIGITAL PADA MATA PELAJARAN DASAR-DASAR TEKNIK DIGITAL (DDTD) KELAS X TEKNIK AUDIO VIDEO DI SMK NEGERI 3 YOGYAKARTA

Lokasi/Responden : Kota Yogyakarta
Waktu : 29/04/2014 Sampai 29/07/2014
Lampiran : Proposal dan Daftar Pertanyaan
Dengan Ketentuan : 1. Wajib Memberi Laporan hasil Penelitian berupa CD kepada Walikota Yogyakarta (Cq. Dinas Perizinan Kota Yogyakarta)
2. Wajib Menjaga Tata tertib dan mentaati ketentuan-ketentuan yang berlaku setempat
3. Izin ini tidak disalahgunakan untuk tujuan tertentu yang dapat mengganggu kestabilan Pemerintah dan hanya diperlukan untuk keperluan ilmiah
4. Surat izin ini sewaktu-waktu dapat dibatalkan apabila tidak dipenuhinya ketentuan -ketentuan tersebut diatas
Kemudian diharap para Pejabat Pemerintah setempat dapat memberi bantuan seperlunya

Tanda tangan
Pemegang Izin

MUHAMMAD FIRDA HUSAIN

Dikeluarkan di : Yogyakarta
pada Tanggal : 2-5-2014An. Kepala Dinas Perizinan
Sekretaris

Tembusan Kepada :

- Yth. 1. Walikota Yogyakarta (sebagai laporan)
2. Ka. Biro Administrasi Pembangunan Setda DIY
3. Ka. Dinas Pendidikan Kota Yogyakarta
4. Kepala SMK Negeri 3 Yogyakarta
5. Ybs.



**PEMERINTAH DAERAH DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
SEKRETARIAT DAERAH**

Kompleks Kepatihan, Danurejan, Telepon (0274) 562811 - 562814
(Hunting)
YOGYAKARTA 55213

SURAT KETERANGAN / IJIN

070/REG/753/4/2014

Membaca Surat : WAKIL DEKAN I FAKULTAS TEKNIK Nomor : 1321/H34/PL/2014
Tanggal : 28 APRIL 2014 Perihal : IJIN PENELITIAN/RISET

- Mengingat :
1. Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 2006, tentang Perizinan bagi Perguruan Tinggi Asing, Lembaga Penelitian dan Pengembangan Asing, Badan Usaha Asing dan Orang Asing dalam melakukan Kegiatan Penelitian dan Pengembangan di Indonesia;
 2. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 20 Tahun 2011, tentang Pedoman Penelitian dan Pengembangan di Lingkungan Kementerian Dalam Negeri dan Pemerintah Daerah;
 3. Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 37 Tahun 2008, tentang Rincian Tugas dan Fungsi Satuan Organisasi di Lingkungan Sekretariat Daerah dan Sekretariat Dewan Perwakilan Rakyat Daerah.
 4. Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 18 Tahun 2009 tentang Pedoman Pelayanan Perizinan, Rekomendasi Pelaksanaan Survei, Penelitian, Pendataan, Pengembangan, Pengkajian, dan Studi Lapangan di Daerah Istimewa Yogyakarta.

DIJUJUKAN untuk melakukan kegiatan survei/penelitian/pendataan/pengembangan/pengkajian/studi lapangan kepada:

Nama : M. FIRDA HUSAIN NIP/NIM: 9502241002
Alamat : FAKULTAS TEKNIK, PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA, UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Judul : PENGEMBANGAN MODUL DASAR-DASAR TEKNIK DIGITAL PADA MATA PELAJARAN DASAR-DASAR TEKNIK DIGITAL (DDTD) KELAS X TEKNIK AUDIO VIDEO DI SMK N 3 YOGYAKARTA
Lokasi : DINAS PENDIDIKAN, PEMUDA DAN OLAHRAGA DIY
Waktu : 29 APRIL 2014 s.d 29 JULI 2014

Dengan Ketentuan

1. Menyerahkan surat keterangan/ijin survei/penelitian/pendataan/pengembangan/pengkajian/studi lapangan *) dari Pemerintah Daerah DIY kepada Bupati/Walikota melalui institusi yang berwenang mengeluarkan ijin dimaksud;
2. Menyerahkan soft copy hasil penelitiannya baik kepada Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta melalui Biro Administrasi Pembangunan Setda DIY dalam compact disk (CD) maupun mengunggah (upload) melalui website adbang.jogjaprov.go.id dan menunjukkan cetakan asli yang sudah disahkan dan dibubuhi cap institusi;
3. Ijin ini hanya dipergunakan untuk keperluan ilmiah, dan pemegang ijin wajib mentaati ketentuan yang berlaku di lokasi kegiatan;
4. Ijin penelitian dapat diperpanjang maksimal 2 (dua) kali dengan menunjukkan surat ini kembali sebelum berakhir waktunya setelah mengajukan perpanjangan melalui website adbang.jogjaprov.go.id;
5. Ijin yang diberikan dapat dibatalkan sewaktu-waktu apabila pemegang ijin ini tidak memenuhi ketentuan yang berlaku.

Dikeluarkan di Yogyakarta
Pada tanggal **29 APRIL 2014**

A.n Sekretaris Daerah
Asisten Perekonomian dan Pembangunan
Ub.
Kepala Biro Administrasi Pembangunan



Tembusan :

1. GUBERNUR DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA (SEBAGAI LAPORAN)
2. WALIKOTA YOGYAKARTA C.Q DINAS PERIJINAN KOTA YOGYAKARTA
3. DINAS PENDIDIKAN, PEMUDA DAN OLAHRAGA DIY
4. WAKIL DEKAN I FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
5. YANG BERSANGKUTAN



PEMERINTAH KOTA YOGYAKARTA
DINAS PENDIDIKAN
SMK NEGERI 3

Jalan W.Monginsidi No. 2 Yogyakarta 55233 Telp./Fax. (0274) 513503
Website: www.smkn3jogja.sch.id Email: humas@smkn3jogja.sch.id

F/62/TU/13
20 Agustus 2013



Management
System
ISO 9001:2008

www.tuv.com
ID 9105064805

SURAT KETERANGAN TELAH MELAKSANAKAN PENELITIAN

Nomor : 070 / 849

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Drs. Aruji Siswanto
NIP : 19640507 199010 1 001
Jabatan : Kepala Sekolah

Menerangkan bahwa :

Nama : Muhammad Firda Husain
NIM : 095022441002
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektronika
Universitas : Universitas Negeri Yogyakarta
Fakultas : Teknik

Bahwa yang bersangkutan telah melaksanakan Penelitian dengan judul “ Pengembangan Modul Dasar-Dasar Teknik Digital Pada Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Digital (DDTD) Kelas X Teknik Audio Video di SMK Negeri 3 Yogyakarta”

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 19 Juni 2014
Kepala Sekolah,



Drs. Aruji Siswanto
NIP. 19640507 199010 1 001